

# Evaluación de las propiedades mecánicas de bloques de concreto con inclusión de gránulos de caucho fibras de acero



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Trabajo de titulación previo a la obtención de título de Arquitecto

**Autores: Jhon Patricio Chiriboga Aguirre | Francisco Xavier Quinteros Loor**

**Director: Ing. Hernán Alfredo García Erazo**







UNIVERSIDAD DE CUENCA  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Carrera de Arquitectura

# **Evaluación de las propiedades mecánicas de bloques de concreto con inclusión de gránulos de caucho con fibras de acero**

Trabajo de titulación previo a la obtención de título de Arquitecto

## **Autores:**

Jhon Patricio Chiriboga Aguirre  
C.I. 010665800-8  
johncap94@hotmail.com

Francisco Xavier Quinteros Loor  
C.I. 010439679-1  
fquinterosloor@gmail.com

## **Director:**

Ing. Hernán Alfredo García Erazo  
C.I. 010211665-4

Cuenca, Ecuador  
22-Septiembre-2020

## RESUMEN

---

Con la finalidad de presentar un método alternativo de mitigación al impacto ambiental generado por los neumáticos fuera de uso, se realizó la siguiente investigación. En la cual se propone la utilización de gránulos de caucho con fibras de acero en la fabricación de bloques de concreto, para después analizar y comparar las propiedades mecánicas adquiridas con las de un bloque de fabricación artesanal, para ello nos basaremos en su dosificación y metodología de fabricación.

Los resultados muestran que los bloques de concreto con la inclusión de este nuevo material, en reemplazo de un 5% de su agregado fino, poseen un mejor comportamiento ante los ensayos de propiedades mecánicas realizados en este trabajo, lo que indica que es una tecnología viable para futuras investigaciones.

### **Palabras Clave:**

Bloques de concreto. Neumáticos fuera de uso(NFU). Gránulos de caucho. Mitigación ambiental.

In order to present an alternative method of environmental impact mitigation generated by the tires out of use, the following research was performed. In which it is proposed the use of rubber granules with steel fibers in the manufacture of concrete blocks, to later analyze and compare the acquired mechanical properties with those of a block of artisanal manufacturing, for this we will base on its dosage and manufacturing methodology.

The results show that the concrete blocks with the inclusion of this new material, replacing 5% of its fine aggregate, have better behavior with the mechanical properties tests carried out in this research, indicating that it is a viable technology for future research.

**Keywords:**

Concrete blocks. Out of used tires(NFU). Rubber granules. Environmental mitigation.



## ÍNDICE

### CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

#### I.1. BLOQUE DE CONCRETO

I.1.1. Definición	26
I.1.2. Definición del Bloque de Concreto Estándar a estudiar	26
I.1.3. Materiales para la Fabricación de Bloques de Concreto	26
I.1.4. Clasificación de los Bloques	27
I.1.5. Dimensiones	27
I.1.6. Resistencia a la Compresión Simple	27
I.1.7. Propiedades Mecánicas	27
I.1.7.1. Esfuerzo	28
I.1.7.2. Ductilidad	28
I.1.10.3. Elasticidad	28
I.1.10.4. Plasticidad	28

#### I.2. FÁBRICA DE BLOQUES MACOVA

I.2.1. Acerca de la Fábrica de Bloques Macova	29
I.2.2. Máquina de Bloques de Concreto	31
I.2.2.1. Descripción del Sistema	30
I.2.2.2. Partes de la máquina de bloques	30

#### I.3. NEUMÁTICO

I.3.1. Composición y Características de los Neumáticos	31
I.3.2. Partes de un Neumático	32
I.3.3. Tipos de Neumáticos	33
I.3.4. Tipos de Construcción	33
I.3.4.1. Neumático convencional o diagonal	33
I.3.4.2. Neumático radial	33
I.3.5. Ciclo de vida útil de los Neumáticos	34
I.3.6. Gestión de los neumáticos fuera de uso en Ecuador	34
I.3.7. Antecedentes para la Obtención de la Materia Prima	35



## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	39
2.2 MARCO METODOLÓGICO	40
2.2.1. Población	40
2.2.2. Muestra	40
2.2.3. Instrumentos de Recolección de Datos	41
2.2.4. Delimitación Espacial	41
2.2.4.1. Contenido de la Ficha Anexo de Datos y Valores obtenidos en cada espécimen	42
2.2.4.2. Contenido de la Tabla Comparativa de las Características entre especímenes	43
2.2.4.3. Contenido de la Tabla del Ensayo de Absorción	44
2.2.4.4. Contenido de la Tabla de las Características Resultantes entre especímenes	45
2.3. METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA (GRÁNULOS DE CAUCHO CON FIBRAS DE ACERO)	46
2.3.1. Proceso de Trituración	46
2.3.1.1. Fase Experimental I (Caladora eléctrica)	47
2.3.1.2. Fase Experimental II (Cortadora Artesanal)	47
2.3.1.3. Fase Experimental III (Trituración de los segmentos de caucho con acero)	47
2.3.1.4. Fase Experimental IV (Tamizado)	47
2.3.1.5. Metodología del proceso de trituración para la obtención de los gránulos de caucho con fibras de acero	48
2.3.1.6. Proceso de trituración para la obtención de los gránulos de caucho con fibras de acero	49
2.4. METODOLOGÍA DE LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO DE LA FABRICA MACOVA	50
2.4.1. Dosificación de los Bloques	50
2.4.2. Elaboración de Bloques de Concreto	51
2.4.2.1. Mezcla	51
2.4.2.2. Molde	32
2.4.2.3. Fraguado y Curado	55
2.4.2.4. Almacenamiento	55
2.5. ENSAYOS EN LOS AGREGADOS USADOS PARA LA FABRICACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO	56
2.5.1. Ensayo de Granulometría	57



2.5.1.1. Análisis de los resultados del ensayo de granulometría en el agregado fino	60
2.5.1.2. Análisis de los resultados del ensayo de granulometría del agregado grueso	61
2.5.2. Ensayo de Impurezas Orgánicas	62
2.6. METODOLOGÍA DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LOS BLOQUES	64
2.6.1. Equipos y materiales	64
2.6.2. Procedimiento	65
2.6.3. Cálculos para la obtención de las propiedades mecánicas	68
2.6.3.1. Compresión simple	68
2.6.3.2. Módulo de Elasticidad	68
2.6.3.3. Plasticidad	69
2.6.3.4. Ductilidad	69
2.7. METODOLOGÍA DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD DE LOS BLOQUES DE CONCRETO	70
2.7.1. Procedimiento del ensayo	71
2.7.1.1. Saturación	71
2.7.1.2. Secado	71
2.7.2. Cálculos para la obtención de absorción, contenido de humedad y densidad	71
2.7.2.1. Absorción	71
2.7.2.2. Contenido de Humedad	71
2.7.2.2. Densidad	71
2.8. FASE EXPERIMENTAL	73
2.8.1. Justificación	73
2.8.2. Proceso de elaboración de Bloques de Concreto con la inclusión de los gránulos de caucho con fibras de acero	74
2.8.3. Bloques de Concreto con reemplazo en el agregado grueso	76
2.8.3.1. Dosificación	76
2.8.3.2. Ensayo a compresión simple y análisis de resultados	77
2.8.4. Bloques de Concreto con reemplazo en el agregado fino	78
2.8.4.1. Dosificación	78
2.8.4.1 Bloques de concreto con reemplazo en el agregado fino - nuevas dosificaciones de prueba	78



2.8.4.2. Ensayo a compresión simple y análisis de resultados	79
2.8.4.3. Bloques de concreto con reemplazo en el agregado fino- nuevas dosificaciones de prueba	80
<b>CAPÍTULO III. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	
3.1 COMPARACIÓN DE LAS GRÁFICAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN	84
3.1.1 Comparación del bloque estándar con el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado grueso	86
3.1.2 Comparación del bloque estándar con el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado grueso	88
3.1.3 Comparación del bloque estándar con el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado grueso	90
3.1.4 Comparación del bloque estándar con el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado fino	92
3.1.5 Comparación del bloque estándar con el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado fino	94
3.1.6 Comparación del bloque estándar con el bloque con un 12,5% de reemplazo en el agregado fino	96
3.1.7 Comparación del bloque estándar con el bloque con un 10% de reemplazo en el agregado fino	98
3.1.8 Comparación del bloque estándar con el bloque con un 7,5% de reemplazo en el agregado fino	100
3.1.9 Comparación del bloque estándar con el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado fino	102
3.1.10 Análisis de los resultados obtenidos de la comparación de las gráficas esfuerzo - deformación	104
3.1.11 Análisis de los valores promedio de las propiedades mecánicas, obtenidos en los diferentes tipos de bloques de concreto	107
3.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD	110
3.2 ANÁLISIS DE LOS BLOQUES PROPUESTOS RESPECTO A SU CLASIFICACIÓN CON LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN	110
3.2.1 Respecto a su uso	114
3.2.1 Respecto a su densidad	115
<b>CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
4.1 CONCLUSIONES	118
4.2 RECOMENDACIONES	119





## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Características del bloque de concreto “Macova” (Chiriboga & Quinteros, 2020).	26
Tabla 2. Bloque de concreto de acuerdo a su uso (Norma NTE INEN 3066, 2016).	27
Tabla 3. Bloque de concreto de acuerdo a su densidad (Norma NTE INEN 638, 2014).	27
Tabla 4. Dimensiones modulares y dimensiones nominales de los bloques de concreto (Norma NTE INEN 3066, 2016).	27
Tabla 5. Resistencia neta mínima a la compresión en bloques de concreto (Norma NTE INEN 3066, 2016).	27
Tabla 6. Componentes del neumático según el tipo de vehículo (Carpió X & Medina F, 2013).	31
Tabla 7. Especificación de las muestras utilizadas en la investigación (Chiriboga & Quinteros, 2020).	41
Tabla 8. Tabla comparativa de las características de los resultados entre cada espécimen (Chiriboga & Quinteros, 2020).	43
Tabla 9. Tabla comparativa de los valores adquiridos en el ensayo a la absorción (Chiriboga & Quinteros, 2020).	44
Tabla 10. Tabla resumen de las propiedades mecánicas promediales obtenidas a los 7 y 28 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).	45
Tabla 11. Características de la pala usada para la dosificación (Chiriboga & Quinteros 2020).	51
Tabla 12. Dosificación de la masa de cada material en relación a un saco de cemento (Chiriboga & Quinteros 2020).	51
Tabla 13. Requisitos de gradación para el agregado fino (Norma NTE INEN 0872, 2011).	57
Tabla 14. Requisitos de gradación para el agregado grueso (Norma NTE INEN 0872, 2011).	57
Tabla 15. Tabla de resultados obtenidos en el ensayo de granulometría del agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	60
Tabla 16. Tabla de resultados obtenidos en el ensayo de granulometría del agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).	61
Tabla 17. Dosificaciones de los bloques con un reemplazo del agregado grueso del 5%, 15% y 25% de caucho con fibras de acero (Chiriboga & Quinteros, 2020).	76
Tabla 18. Dosificaciones de los bloques con un reemplazo del agregado fino del 5%, 15% y 25% de caucho con fibras de acero (Chiriboga & Quinteros, 2020).	78
Tabla 19. Dosificaciones de los bloques con un reemplazo del agregado fino del 7,5%, 10% y 12,5% de caucho con fibras de acero (Chiriboga & Quinteros, 2020).	80
Tabla 20. Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).	87
Tabla 21. Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).	89
Tabla 22. Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).	91
Tabla 23. Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	93
Tabla 24. Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	95
Tabla 25. Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 12,5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	97
Tabla 26. Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 10% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	99
Tabla 27. Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 7,5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	101
Tabla 28. Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	103
Tabla 29. Tabla comparativa resumen de las características resultantes obtenidas en cada espécimen (Chiriboga & Quinteros, 2020).	104



Tabla 30. Resultados promediales de los especímenes por cada tipo a los 7 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).	109
Tabla 31. Resultados promediales de los especímenes por cada tipo a los 28 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).	109
Tabla 32. Tabla comparativa del ensayo a absorción entre el bloque estándar y el espécimen más favorable y menos favorable (Chiriboga & Quinteros, 2020).	112



## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Bloques de concreto fábrica Macova (Chiriboga & Quinteros, 2020).	26
Figura 2. Gráfica esfuerzo - deformación de las propiedades mecánicas (Chiriboga & Quinteros, 2020).	28
Figura 3. Imagen publicitaria para Macova (Ferretería Macova, 2019).	29
Figura 4. Distribución de la fábrica de bloques por zonas (Chiriboga & Quinteros, 2020).	29
Figura 5. Partes de la máquina artesanal de bloques de concreto utilizada para esta investigación (Chiriboga & Quinteros, 2020).	30
Figura 6. Almacenamiento de neumáticos fuera de uso en la empresa Rencavi (Chiriboga & Quinteros, 2020).	31
Figura 7. Partes de un neumático (Muchoneumatico, 2019)	32
Figura 8. Neumático diagonal (Dirección de transporte Conae, 2003).	33
Figura 9. Neumático radial (Dirección de transporte Conae, 2003).	33
Figura 10. Ilustración del ciclo de vida útil de los neumáticos fuera de uso con respecto a la elaboración del nuevo producto (Chiriboga & Quinteros, 2020).	34
Figura 11. Artesanos de Narancay enseñando los productos que fabrican a partir de los neumáticos fuera de uso (Ministerio del Ambiente del Ecuador)	35
Figura 12. Rencavi, empresa trituradora de caucho (Chiriboga & Quinteros, 2020).	36
Figura 13. Bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros, 2020).	40
Figura 14. Ficha de los datos obtenidos de cada espécimen (Chiriboga & Quinteros, 2020).	42
Figura 15. Falla de la trituradora artesanal por acumulación de bandas de caucho en los laterales del rodillo (Chiriboga & Quinteros, 2020).	46
Figura 16. <b>Materia prima para la investigación</b> (Chiriboga & Quinteros 2020).	46
Figura 17. <b>Proceso de la fase experimental I</b> (Chiriboga & Quinteros 2020).	47
Figura 18. Proceso de la fase experimental II (Chiriboga & Quinteros 2020).	47
Figura 19. Proceso de la fase experimental III (Chiriboga & Quinteros 2020).	47
Figura 20. <b>Proceso de la fase experimental IV</b> (Chiriboga & Quinteros 2020).	47
Figura 21. <b>Diagrama de la Metodología del proceso de obtención de la materia prima</b> (Chiriboga & Quinteros 2020).	48
Figura 22. Trituración de los segmentos en la máquina artesanal (Chiriboga & Quinteros 2020).	49
Figura 23. Empleados de la Fábrica Macova, elaborando los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).	50
Figura 24. Proceso de elaboración de la mezcla para los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).	52
Figura 25. Operador de la fábrica elaborando los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).	53
Figura 26. Transportador manual, utilizado para movilizar las tarimas con los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).	53
Figura 27. Proceso de elaboración de los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).	54
Figura 28. Fraguado y curado de los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).	55
Figura 29. Almacenamiento de los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).	55
Figura 30. Áridos usados para la fabricación de bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).	56



Figura 31. Colocación de los tamices en el agitador mecánico (Chiriboga & Quinteros 2020).	57
Figura 32. Proceso ensayo de granulometría agregado fino (Chiriboga & Quinteros 2020).	58
Figura 33. Resultados del ensayo granulométrico del agregado fino (Chiriboga & Quinteros 2020).	58
Figura 34. Proceso ensayo de granulometría agregado grueso (Chiriboga & Quinteros 2020).	59
Figura 35. Resultados del ensayo granulométrico del agregado grueso (Chiriboga & Quinteros 2020).	59
Figura 36. Gráfica porcentaje - tamiz de la granulometría del agregado fino (Chiriboga & Quinteros 2020).	60
Figura 37. Gráfica porcentaje - tamiz de la granulometría del agregado grueso (Chiriboga & Quinteros 2020).	61
Figura 38. Ensayo de impureza orgánica del agregado fino (Chiriboga & Quinteros 2020).	62
Figura 39. Proceso del ensayo de impurezas orgánicas en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros 2020).	63
Figura 40. Colocación del bloque de concreto en la prensa (Chiriboga & Quinteros 2020).	64
Figura 41. Proceso de toma de medidas y pesaje de los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).	65
Figura 42. Bloque de concreto durante el ensayo a compresión (Chiriboga & Quinteros 2020).	66
Figura 43. Proceso del ensayo a compresión en los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).	67
Figura 44. Gráfica esfuerzo - deformación para la obtención de los valores de las propiedades mecánicas (Chiriboga & Quinteros 2020).	69
Figura 45. Bloques de concreto sumergidos (Chiriboga & Quinteros 2020).	70
Figura 46. Proceso del ensayo de absorción en los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).	72
Figura 47. Proceso del ensayo de humedad en los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).	72
Figura 48. Bloques de concreto recién elaborados saliendo de la máquina (Chiriboga & Quinteros 2020).	73
Figura 49. Bloques de concreto con la incorporación de gránulos de caucho con fibras de acero (Chiriboga & Quinteros 2020).	72
Figura 50. Proceso de elaboración de los bloques de concreto con inclusión de gránulos de caucho con fibras de acero (Chiriboga & Quinteros 2020).	75
Figura 51. Diagrama de la dosificación con el 0% de caucho en reemplazo del agregado grueso (Chiriboga & Quinteros 2020).	76
Figura 52. Diagrama de la dosificación con el 5% de caucho en reemplazo del agregado grueso (Chiriboga & Quinteros 2020).	76
Figura 53. Diagrama de la dosificación con el 15% de caucho en reemplazo del agregado grueso (Chiriboga & Quinteros 2020).	76
Figura 54. Diagrama de la dosificación con el 25% de caucho en reemplazo del agregado grueso (Chiriboga & Quinteros 2020).	76
Figura 55. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación de los especímenes con un 5%, 15% y 25% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros 2020).	77
Figura 56. Diagrama de la dosificación con el 5% de caucho en reemplazo del agregado fino (Chiriboga & Quinteros 2020).	78
Figura 57. Diagrama de la dosificación con el 15% de caucho en reemplazo del agregado fino (Chiriboga & Quinteros 2020).	78
Figura 58. Diagrama de la dosificación con el 25% de caucho en reemplazo del agregado fino (Chiriboga & Quinteros 2020).	78
Figura 59. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación de los especímenes con un 5%, 15% y 25% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros 2020).	79



Figura 60. Diagrama de la dosificación con el 7.5% de caucho en reemplazo del agregado fino (Chiriboga & Quinteros 2020).	80
Figura 61. Diagrama de la dosificación con el 10% de caucho en reemplazo del agregado fino (Chiriboga & Quinteros 2020).	80
Figura 62. Diagrama de la dosificación con el 25% de caucho en reemplazo del agregado fino (Chiriboga & Quinteros 2020).	80
Figura 63. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación de los especímenes con un 7.5%, 10% y 25% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros 2020).	81
Figura 64. Análisis y graficación de resultados (Chiriboga & Quinteros, 2020).	84
Figura 65. Proceso de rotura, en la parte superior se muestra el comportamiento del bloque estándar y en la parte inferior el bloque de concreto con la inclusión de caucho con fibras de acero (Chiriboga & Quinteros, 2020).	85
Figura 66. Especímen del bloque de concreto estándar (Chiriboga & Quinteros, 2020).	86
Figura 67. Especímen del bloque de concreto con un 25% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).	86
Figura 68. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).	86
Figura 69. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).	86
Figura 70. Especímen del bloque de concreto con un 15% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).	88
Figura 71. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).	88
Figura 72. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).	88
Figura 73. Especímen del bloque de concreto con un 5% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).	90
Figura 74. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).	90
Figura 75. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).	90
Figura 76. Especímen del bloque de concreto con un 25% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	92
Figura 77. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	92
Figura 78. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	92



Figura 79. Espécimen del bloque de concreto con un 15% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	94
Figura 80. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	94
Figura 81. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	94
Figura 82. Espécimen del bloque de concreto con un 12,5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	96
Figura 83. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 12,5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	96
Figura 84. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 12,5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	96
Figura 85. Espécimen del bloque de concreto con un 10% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	98
Figura 86. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 10% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	98
Figura 87. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 10% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	98
Figura 88. Espécimen del bloque de concreto con un 7,5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	100
Figura 89. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 7,5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	100
Figura 90. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 7,5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	100
Figura 91. Espécimen del bloque de concreto con un 5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	102
Figura 92. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	102
Figura 93. Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).	102
Figura 94. Gráfica de esfuerzo - deformación de todos los valores obtenidos a los 7 días en cada espécimen (Chiriboga & Quinteros, 2020).	103
Figura 95. Gráfica de esfuerzo - deformación de todos los valores obtenidos a los 28 días en cada espécimen (Chiriboga & Quinteros, 2020).	106
Figura 96. Diagrama del peso promedio por tipo de bloque de concreto a los 7 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).	107
Figura 97. Diagrama del peso promedio por tipo de bloque de concreto a los 28 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).	107
Figura 98. Diagrama del esfuerzo máximo promedio por tipo de bloque de concreto a los 7 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).	107



Figura 99. Diagrama del esfuerzo máximo promedio por tipo de bloque de concreto a los 28 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).	107
Figura 100. Diagrama del módulo elástico promedio por tipo de bloque de concreto a los 7 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).	108
Figura 101. Diagrama del módulo elástico promedio por tipo de bloque de concreto a los 28 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).	108
Figura 102. Diagrama de la plasticidad promedio por tipo de bloque de concreto a los 7 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).	108
Figura 103. Diagrama de la plasticidad promedio por tipo de bloque de concreto a los 28 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).	108
Figura 104. Diagrama de la ductilidad promedio por tipo de bloque de concreto a los 7 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).	108
Figura 105. Diagrama de la ductilidad promedio por tipo de bloque de concreto a los 28 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).	108
Figura 106. Ensayo de absorción de los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros, 2020).	110
Figura 107. Diagrama de los resultados promediales de la masa como se recibe (Chiriboga & Quinteros, 2020).	111
Figura 108. Diagrama de los resultados promediales de la masa sumergida (Chiriboga & Quinteros, 2020).	111
Figura 109. Diagrama de los resultados promediales de la masa saturada (Chiriboga & Quinteros, 2020).	111
Figura 110. Diagrama de los resultados promediales de la masa seca al horno (Chiriboga & Quinteros, 2020).	111
Figura 111. Diagrama de los resultados promediales del ensayo a la absorción (Chiriboga & Quinteros, 2020).	113
Figura 112. Diagrama de los resultados promediales del contenido de humedad (Chiriboga & Quinteros, 2020).	113
Figura 113. Diagrama de los resultados promediales a la densidad (Chiriboga & Quinteros, 2020).	113
Figura 114. Diagrama comparativo de los esfuerzos máximos de los bloques de concreto con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (Chiriboga & Quinteros, 2020).	114
Figura 115. Diagrama comparativo de las densidades de los bloques de concreto con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (Chiriboga & Quinteros, 2020).	115





### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Yo, Jhon Patricio Chiriboga Aguirre, autora del trabajo de titulación “Evaluación de las propiedades mecánicas de bloques de concreto con inclusión de gránulos de caucho con fibras de acero”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 22 de Septiembre de 2020



Jhon Patricio Chiriboga Aguirre

C.I: 0106658008

### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Yo, Francisco Xavier Quinteros Loor, autor del trabajo de titulación "Evaluación de las propiedades mecánicas de bloques de concreto con inclusión de gránulos de caucho con fibras de acero ", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 22 de Septiembre de 2020



Francisco Xavier Quinteros Loor

C.I: 0104396791

## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Yo, Jhon Patricio Chiriboga Aguirre en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Plan de Ordenamiento Urbanístico de la cabecera parroquial de San Pablo de Tenta”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 22 de septiembre de 2020



C.I: 0106658008

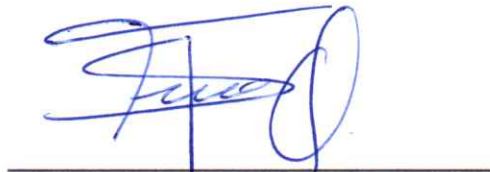
## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Yo, Francisco Xavier Quinteros Loor en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Evaluación de las propiedades mecánicas de bloques de concreto con inclusión de gránulos de caucho con fibras de acero”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 22 de septiembre de 2020



Francisco Xavier Quinteros Loor

C.I: 0104396791

## AGRADECIMIENTOS

---

A nuestras familias, por su apoyo incondicional y la fuerza brindada para perseguir con perseverancia nuestras metas planteadas.

A nuestra universidad, por permitirnos formarnos profesionalmente y en ella, gracias a nuestros docentes, quienes supieron sembrar ese grano de conocimiento en nuestras mentes.

A nuestro tutor, Ingeniero Hernán García Erazo, por el interés brindado en esta investigación, pues con su experiencia, nos supo guiar de forma adecuada.

A nuestros compañeros y amigos, por su apoyo y motivación constante. En especial, un agradecimiento a Jessica, por su invaluable ayuda en la culminación de este trabajo de titulación.

Al Señor Juan Vásquez, propietario de la fábrica Macova, y al Señor Ariolfo Villacís, propietario de Rencavi, quienes supieron abrirnos las puertas de sus empresas para, junto con su experiencia, hacer posible esta investigación.

A mis padres, Manuel y Lucila por el apoyo incondicional y ser mi gran motivación para que todo esto sea posible.

A mis hermanos, Christian y Víctor Manuel, por su apoyo constante.

A mis tíos, Rómulo y Esthela, por su ánimo, pasión y enseñarme que nada es imposible.

A mi familia, por su amor y su impulso de luchar siempre hasta cumplir mis sueños.

A mis amigos y compañeros por brindarme su compañerismo, amistad y hacer que este trayecto universitario sea emocionante e inolvidable.

A mis padres, Milton y Susana, quienes a pesar de las adversidades, supieron ser mi apoyo incondicional, permitiendo que mis sueños sean una realidad.

A mis hermanos, José y Milton, por convertirse en esa mano amiga que me ha hecho levantar de cada caída.

A mis seres queridos, por su amor y ser mi motivación constante.

A mis compañeros y amigos, quienes formaron parte de mi vida universitaria creando los mejores recuerdos, gracias por hacer de esta travesía algo especial.

**Jhon Patricio  
Chiriboga Aguirre**

**Francisco Xavier  
Quinteros Loor**



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se intenta reutilizar materiales de desecho, otorgándoles una nueva vida útil, es decir, se buscan métodos alternativos que ayuden a mitigar el impacto que generan los desechos al medio ambiente y a la población, produciendo materiales con un nuevo uso.

Este trabajo centra su atención al impacto que genera Continental Tire Andina, ya que se encuentra ubicada en la ciudad de Cuenca y es la principal productora de neumáticos a nivel del Ecuador. Sin embargo, el Ministerio del Ambiente ha establecido el Acuerdo Ministerial 020, el cual establece el principio de responsabilidad extendida del productor o importador de neumáticos en todo el ciclo de vida del producto. Continental Tire Andina genera aproximadamente 5000 neumáticos de desecho al mes, por lo que esta empresa tiene un grupo de artesanos que utilizan estos desechos para generar nuevos productos, tales como muebles, repuestos para vehículos, adornos e incluso se trituran para producir gránulos de caucho que son utilizados, por lo general, en la fabricación de pisos.

Se pretende utilizar un triturado obtenido de los neumáticos fuera de uso (gránulos de caucho con fibras de acero) para la elaboración de bloques de concreto. Se utilizará como base un bloque de concreto fabricado artesanalmente y se le añadirá porcentualmente este nuevo material, es decir, emplearemos la misma forma de fabricación, además de la misma dosificación la cual servirá de base para reemplazar el nuevo material por

sus agregados a través de porcentajes. Una vez fabricados los bloques se analizarán y compararán sus propiedades mecánicas por medio de ensayos. De esta forma se determinará si esta es una buena alternativa, además de conocer cuál es el porcentaje de material reciclado necesario, para que cumpla con las características mínimas requeridas para su uso en la construcción.

El trabajo de investigación está dividido en cuatro capítulos. El primero introduce los principales componentes de estudio: bloque de concreto y neumáticos; además, se realiza una aproximación de la fábrica en la cual se van a producir los bloques y de la recicladora que nos proveerá de la materia prima. El segundo capítulo desarrolla la metodología a ser aplicada, en donde se detalla el proceso para la fabricación, ensayos y comparación de resulta dos de los bloques de concreto con el nuevo material como agregado. El tercer capítulo analiza y compara los resultados obtenidos de cada uno de los bloques fabricados en esta investigación. Y finalmente, el cuarto capítulo detalla las conclusiones y recomendaciones generadas a partir de los resultados obtenidos.

## HIPÓTESIS

Es la inclusión de gránulos de caucho con fibras de acero una buena alternativa para la elaboración de bloques de concreto en la construcción.

## OBJETIVOS

### **Objetivo General**

Evaluar las propiedades mecánicas que adquiere un bloque de concreto con la inclusión de gránulos de caucho y fibras de acero reciclados.

### **Objetivos Específicos**

- Investigar y conocer las principales características de los componentes de un bloque de concreto y de los neumáticos.
- Identificar el porcentaje necesario de material reciclado que se necesite agregar para que el bloque cumpla con las propiedades mecánicas mínimas requeridas para su uso en la construcción.
- Comparar las características mecánicas del bloque de concreto común con un bloque de concreto con gránulos de caucho con fibras de acero.



CAPÍTULO

# MARCO TEÓRICO



## I.1. BLOQUE DE CONCRETO

### I.1.1. DEFINICIÓN.

Se define a un bloque de concreto como un elemento premoldeado fabricado a base de cemento, agua, agregados finos y gruesos. Este ha de cumplir con una dosificación, granulometría y técnica de construcción específica; además, poseerá dimensiones que permitan su fácil transporte, almacenaje, manipulación y colocación en forma manual. Su principal función es la conformación de mamposterías confinadas o reforzadas (Zambrano, 2016).

### I.1.2. DEFINICIÓN DEL BLOQUE DE CONCRETO ESTÁNDAR A ESTUDIAR.

El bloque base para esta investigación es de concreto, elaborado en una máquina artesanal con mesa vibro-compactadora proporcionada por la fábrica Macova. La tabla I muestra las principales características de este bloque.

CARACTERÍSTICAS DEL BLOQUE DE CONCRETO "Fábrica Macova"	
<b>Medidas</b> (Ancho x Alto x Largo / cm)	14 x 20 x 39
<b>Peso</b> (kgf)	9,33
<b>Resistencia</b> (MPa)	2,81
<b>Edad</b> (días)	28

Tabla I.- Características del bloque de concreto "Macova" (Chiriboga & Quinteros, 2020).

### I.1.3. MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO.

- ▶ **Cemento:** Puede utilizarse cualquier cemento hidráulico para uso general en la construcción (Gamboa, 2005).
- ▶ **Agregado Grueso:** Estos agregados pueden ser gravas naturales de río, piedrines y arenas por trituración de roca de cantera o canto rodado (Gamboa, 2005); aquellos agregados más livianos como el chasqui son de origen volcánico, estas son lavas esponjosas de color claro, porosas y de bajo peso (Iza, 2009).
- ▶ **Agregado Fino:** Este agregado comprende arenas extraídas de río, y un rango de granulometría entre 0,075 - 4,8mm (Iza, 2009).
- ▶ **Polvo mineral:** Son materiales áridos provenientes del pulverizado de minerales como la piedra caliza. La mayor parte de este polvo tiene una granulometría de 0,063mm la cual ayuda a mejorar propiedades físicas del cemento como su trabajabilidad y su capacidad de retención de agua (Iza, 2009).
- ▶ **Agua:** El agua que se emplea en la mezcla debe ser libre de impurezas, debido a que estas pueden intervenir en el fraguado del cemento y a su vez, afectar la resistencia del concreto (Iza, 2009).



Figura 1.- Bloques de concreto fábrica Macova (Chiriboga & Quinteros, 2020).



### I.1.7. CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES.

Según la Norma NTE INEN 638 (2014) los bloques de concreto se clasifican de acuerdo a:

- Su uso:

CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO DE ACUERDO A SU USO	
CLASE	USO
A	Paredes exteriores de carga, sin revestimiento
B	Paredes exteriores de carga, con revestimiento
	Paredes interiores de carga, con o sin revestimiento
C	Paredes divisorias exteriores, sin revestimiento
D	Paredes divisorias exteriores, con revestimiento
	Paredes divisorias interiores, con o sin revestimiento
E	Losas alivianadas de hormigón armado

Tabla 2.- Bloque de concreto de acuerdo a su uso (Norma NTE INEN 638, 2014).

- Su densidad:

CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO DE ACUERDO A SU DENSIDAD	
TIPO	DENSIDAD DEL HORMIGÓN (kg/m <sup>3</sup> )
Liviano	< 1680
Mediano	1680 a 2000
Normal	> 2000

Tabla 3.- Bloque de concreto de acuerdo a su densidad (Norma NTE INEN 638, 2014).

### I.1.8. DIMENSIONES.

La Norma NTE INEN 3066 (2016), establece: *"Por convenio entre el fabricante y el comprador podrán fabricarse bloques de hormigón de dimensiones diferentes de las indicadas, sin perjuicio de que estos bloques cumplan con los requisitos establecidos en esta norma"*. Las dimensiones a las que hace referencia este enunciado de la normativa se indica en la tabla 4.

DIMENSIONES DE LOS BLOQUES								
DIMENSIONES MODULARES (nM)			DIMENSIONES MODULARES (mm)			DIMENSIONES NOMINALES (mm)		
Largo	Ancho	Altura	Largo	Ancho	Altura	Largo	Ancho	Altura
4	3	2	400	300	200	390	290	190
3	2	2,5	300	200	250	290	190	240
		1,5			150			140
2	1	1	200	100	100	190	90	90
<p>donde: nM es el número de medidas modulares</p> <p>NOTA. La tabla que precede es un ejemplo, se basa en juntas de 10 mm y una medida modular M igual a 100 mm, y muestra algunas combinaciones en largo, ancho y altura.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La tolerancia máxima para largo, ancho y altura reales, debe ser de <math>\pm 3</math> mm de las respectivas medidas nominales.</li> <li>• El espesor mínimo de las paredes y tabiques debe ser de 13 mm para los bloques Clases B y C.</li> </ul>								

Tabla 4.- Dimensiones modulares y dimensiones nominales de los bloques de concreto (Norma NTE INEN 3066, 2016).

### I.1.9. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE.

En la tabla 5 se presentan las resistencias netas mínimas a la compresión simple de los bloques de concreto, según la Norma NTE INEN 643.

RESISTENCIA MÍNIMA A LA COMPRESIÓN SIMPLE A LOS 28 DÍAS (MPa)	
CLASE	RESISTENCIA
A	6
B	4
C	3
D	2,5
E	2

Tabla 5.- Resistencia neta mínima a la compresión simple en bloques de concreto (Norma NTE INEN 643, 1993).

### I.1.10. PROPIEDADES MECÁNICAS

Son cuatro las propiedades mecánicas de los bloques de concreto que se analizan en la presente investigación, cada una de ellas con sus respectivos cálculos y ensayos.

Las propiedades mecánicas estudiadas son las siguientes:

#### I.1.10.1. Esfuerzo.

Determina el comportamiento del material durante la aplicación de una carga o fuerza, existen diferentes tipos de esfuerzos: tensión, compresión, cortante y torsión (Villela, 2004). En esta investigación, se va a ensayar, analizar y comparar el esfuerzo a la compresión simple a los 7 y 28 días de edad.

#### I.1.10.2. Elasticidad.

La elasticidad se define como la capacidad de resistencia a la deformación, es decir, nos indica la capacidad que tiene el material de ser deformado elásticamente (Villela, 2004).

#### I.1.10.3. Plasticidad.

Es la capacidad que tiene el material de deformarse y resistir esfuerzos después de alcanzar su límite elástico hasta llegar a su esfuerzo máximo.

#### I.1.10.4. Ductilidad.

Es la capacidad que tiene el material para deformarse al terminar su región elástica hasta después de alcanzar su punto de rotura, es decir, hasta el ablandamiento.

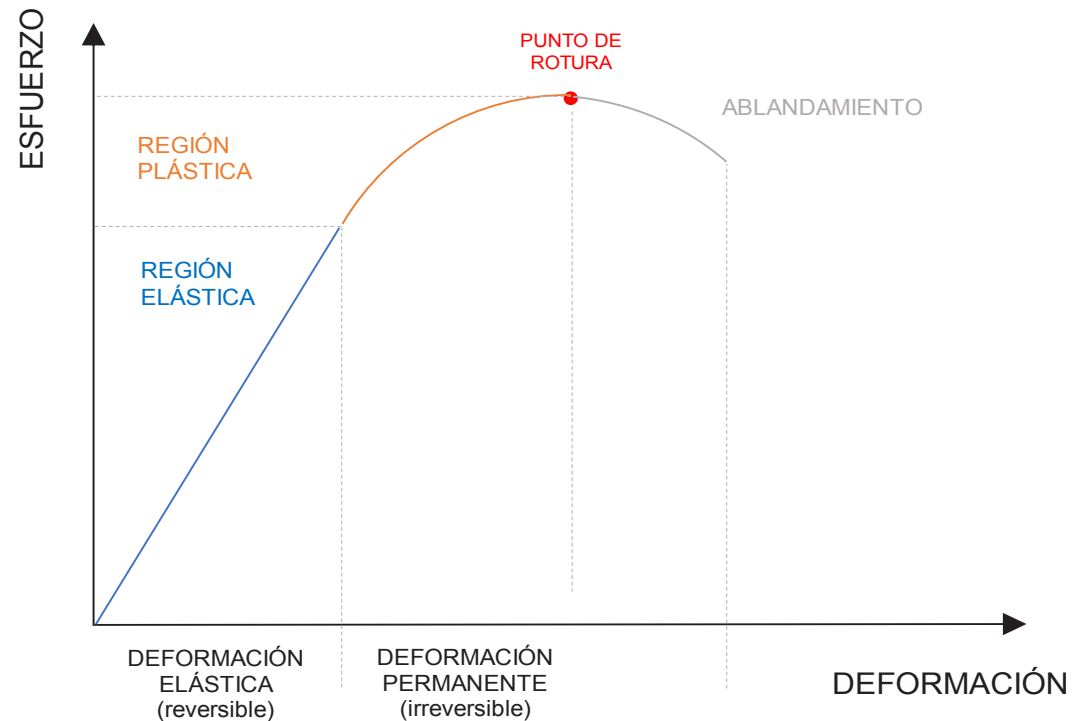


Figura 2.- Gráfica esfuerzo - deformación de las propiedades mecánicas (Chiriboga & Quinteros, 2020).



## I.2. FÁBRICA DE BLOQUES MACOVA

### I.2.1. ACERCA DE LA FÁBRICA DE BLOQUES MACOVA.

La fábrica de bloques se encuentra ubicada en la parroquia Lentag del cantón Girón. Lleva operando desde hace 5 años, tiempo en el cual han ido mejorando la fabricación de su bloque de concreto, ya que desde sus inicios lo han hecho a través de métodos empíricos usados en la zona.

En la figura 4 se puede observar la división por zonas que posee la fábrica de bloques:

- Zona de almacenamiento de materiales.
- Zona de fabricación de bloques.
- Zona de fraguado y curado.
- Zona de almacenamiento de bloques.

Los agregados utilizados para la fabricación de estos bloques, son extraídos y transportados desde distintos lugares del país. El chasqui y el polvo mineral provienen de las canteras ubicadas en la provincia de Latacunga y la arena, de las minas del río Jubones. El cemento usado para la elaboración es un cemento hidráulico de uso general.

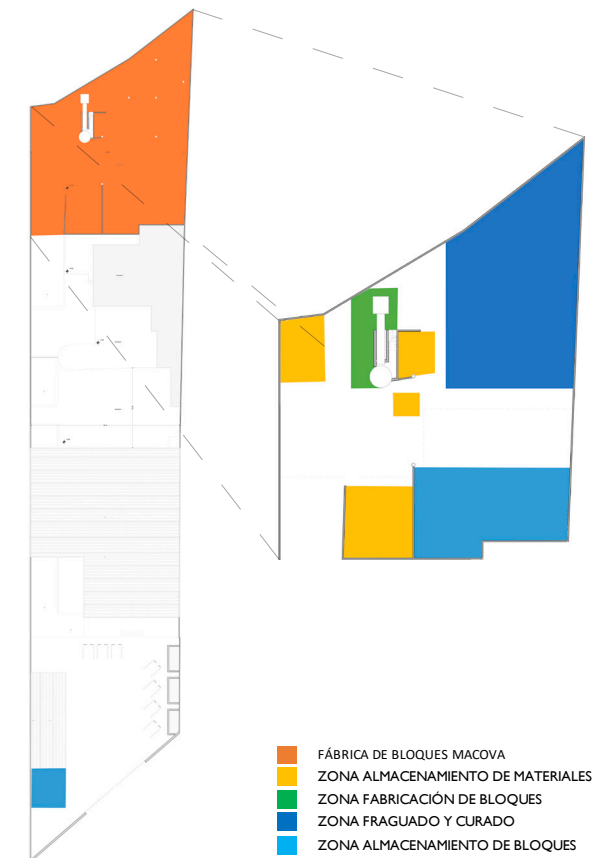


Figura 4.- Distribución de la fábrica de bloques por zonas (Chiriboga & Quinteros, 2020).

## 1.2.2. MÁQUINA DE BLOQUES DE CONCRETO.

### 1.2.2.1. Descripción del sistema.

La máquina de bloques utilizada por Macova es artesanal, elaborada en la ciudad de Cuenca; posteriormente transportada e instalada en la fábrica. Esta máquina es manual y consiste en un sistema de vibro-compactación. Se pueden elaborar varios tipos de bloques, todo dependiendo del molde que se utilice. Se estima un estándar de producción medio en esta máquina de 1.500 bloques por día, según sea la destreza del operador.

### 1.2.2.2. Partes de la máquina de bloques.

En la figura 7 se enseñan las partes que conforman la máquina artesanal:

- 1) Tolva.
- 2) Banda eléctrica transportadora.
- 3) Compactador.
- 4) Molde (Características del bloque a fabricar).
- 5) Mesa vibradora.
- 6) Riel de salida.
- 7) Aspas mezcladoras.
- 8) Contenedor metálico (Capacidad para un saco de cemento).



Figura 5.- Partes de la máquina artesanal de bloques de concreto utilizada para esta investigación (Chiriboga & Quinteros, 2020).



## I.3. NEUMÁTICO

### I.3.1. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS NEUMÁTICOS.

Los neumáticos están compuestos principalmente por caucho en aproximadamente la mitad de su peso (Oliviare 2016). El caucho es un material con base en polímeros cuyas dimensiones pueden variar según el esfuerzo al que estará sometido; se caracteriza por su capacidad de retornar a su forma original al momento de retirar una fuerza aplicada de manera directa (Castro, 2008).

Según Oliviare (2016) el caucho puede ser de dos tipos:

- Natural: Proporciona elasticidad.
- Sintético: Otorga estabilidad térmica.

Para complementar la fabricación de un neumático, se adicionan otros materiales con el objetivo de mejorar sus propiedades. Entre estos aditivos encontramos los siguientes:

- ▶ **Suavizantes:** Aumentan la trabajabilidad del caucho previo al proceso de vulcanización.
- ▶ **Óxido de Zinc y Magnesio:** Comúnmente denominados activadores, los mismos que reducen considerablemente el tiempo de vulcanización.

- ▶ **Antioxidantes:** Otorgan una mayor vida útil, previniendo la degradación por acción de oxígeno y ozono.
- ▶ **Negro de humo:** Obtenido a partir de la combustión incompleta de gases naturales, entrega mayor resistencia tanto a la abrasión como a la tensión.

En forma general, la tabla 6 denota los componentes que conforman los neumáticos en distintos tipos de vehículo.

COMPONENTES	TIPO DE VEHÍCULO		FUNCIÓN
	AUTOMÓVILES	CAMIONES	
	% EN PESO		
Cauchos y elastómeros	48	45	Estructural - deformación
Negro de humo	22	22	Mejora de propiedades físicas
Refuerzos metálicos (Acero)	15	25	Esqueleto estructural
Refuerzos textiles	5	0	Esqueleto estructural
Oxido de zinc	1.2	2.1	Catalizador
Azufre	1	1	Agente vulcanizantes
Aditivos y otros	10	9	Juventud
Peso del neumático (kg)	6.5 -9	55 - 80	

Tabla 6.- Componentes del neumático según el tipo de vehículo (Carpio & Medina, 2013).

### I.3.2. PARTES DE UN NEUMÁTICO.

A continuación, la figura 9 detalla las partes fundamentales de un neumático.

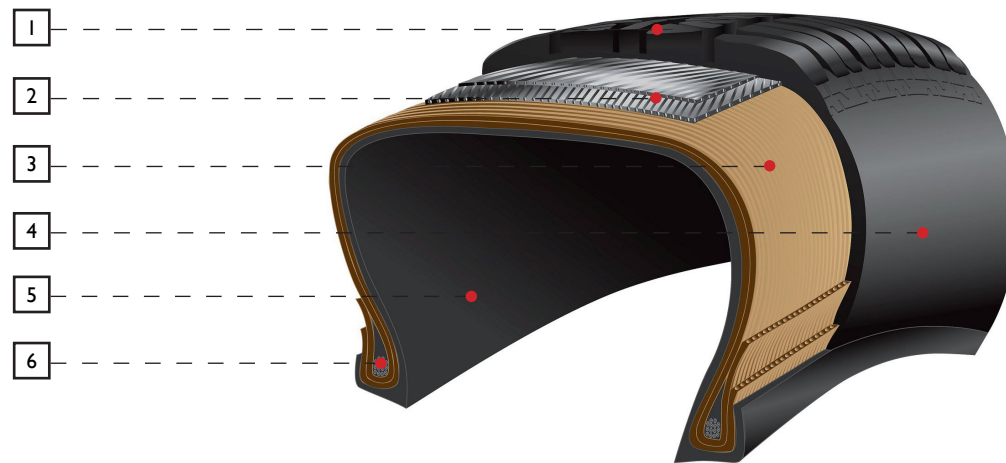


Figura 7.- Partes de un neumático (Muchoneumatico, 2019).

1) **Banda de rodamiento:** Generalmente de hule, constituye una interfase entre la estructura general del neumático y la superficie a transitarse (vía). Su propósito principal es proporcionar tracción y frenado (Dirección de Transporte Conae, 2003).

2) **Cinturón (Estabilizador):** Especialmente de acero, proporciona resistencia al neumático, estabiliza la banda de rodamiento y la protege de punzonamientos y roturas (Dirección de Transporte Conae, 2003).

3) **Carcasa:** Constituye el alma del neumático, es una estructura flexible conformada por hilos textiles o de acero embutidos en goma, sobre esta se colocan las distintas capas de lonas y estructuras que conforman el neumático (Grupo Andres, 2017).

4) **Costado (Pared):** Este hule lateral está especialmente conformado para resistir esfuerzos de flexión e intemperie. Brindan protección a la capa radial (Dirección de Transporte Conae, 2003).

5) **Innerliner:** Retiene el aire comprimido en el interior del neumático (Castro, 2008).

6) **Talón:** Es un cuerpo de alambres de acero de alta resistencia utilizado para formar una unidad de gran robustez, ya que esta es la parte que fija el neumático al rin (Dirección de Transporte Conae, 2003).

### I.3.3. TIPOS DE NEUMÁTICOS

Según Castro (2008), los neumáticos contienen diferentes componentes de acuerdo con las necesidades y la complejidad de la función que deberá cumplir cada parte del neumático. A continuación se introducen de manera general las características de los tipos de neumáticos que se pueden encontrar:

- ▶ **Neumáticos para autopista:** Otorgan una tracción adecuada tanto en vías húmedas o secas.
- ▶ **Neumáticos para nieve:** Proveen una tracción máxima en condiciones de climas extremos (vías cubiertas por hielo).
- ▶ **Neumáticos para toda temporada:** Proporcionan buena manejabilidad. A diferencia de los neumáticos para autopista, estos pueden ser también usados en nieve.
- ▶ **Neumáticos de alto desempeño:** Poseen un alto grado de manejabilidad, agarre y desempeño. Soportan altas temperaturas y velocidades.
- ▶ **Neumáticos para toda temporada/alto desempeño:** Ofrece todas las características de los neumáticos anteriores tanto en caminos secos y lluviosos.

### I.3.4. TIPOS DE CONSTRUCCIÓN.

Actualmente, la mayoría de los neumáticos de vehículos, tanto de pasajeros como los de camiones, son radiales; sin embargo, también existe otro tipo de neumático denominado diagonales, utilizados principalmente en camiones (Castro, 2008).

#### I.3.4.1. Neumático convencional o diagonal.

Este tipo de neumático se caracteriza por tener una construcción en diagonal, de tal manera que las capas que forman el cinturón quedan inclinadas con respecto a la línea central del neumático (ver figura 8). Este tipo de estructura brinda dureza y estabilidad, pero tiene la desventaja de poseer tal dureza, que no le permite al neumático ajustarse adecuadamente a la superficie, provocando un menor agarre, menor estabilidad en curvas y mayor consumo de gasolina (Dirección de Transporte Conae, 2003).

#### I.3.4.2. Neumático radial.

Este tipo de neumático es construido con las capas que conforman la carcasa en dirección a los talones formando semiovalos, y sobre estas son montadas las capas estabilizadoras que forman el cinturón en sentido diagonal (ver figura 9). Estas poseen la función de soportar las cargas y mantener la estabilidad del neumático.

Este tipo de construcción permite que el neumático sea más suave; lo que le brinda mayor manejabilidad, mejor adherencia y agarre a la superficie de contacto y contribuye a un menor uso en el combustible (Dirección de Transporte Conae, 2003).



Figura 8.- Neumático diagonal (Dirección de Transporte Conae, 2003).



Figura 9.- Neumático radial (Dirección de Transporte Conae, 2003).

### 1.3.5. CICLO DE VIDA ÚTIL DE LOS NEUMÁTICOS.

El ciclo de vida útil de los neumáticos está sujeto a un sistema completo de producción que parte de la extracción y procesamiento de las materias primas, hasta el uso final del producto por quienes lo consumen, reciclan o desechan. Es importante conocer el sistema de ciclo de vida de los productos y de esta manera determinar en qué etapa se puede reducir el impacto ambiental y el uso de los recursos naturales sujetos a cada una de ellas. En el caso de los neumáticos, se los clasifica en 6 etapas (ver figura 10), de las cuales, las cuatro primeras están asociadas a los proveedores de materia prima y fabricantes; y las dos últimas corresponden al entorno y a la manera en que nosotros influimos positivamente ante el problema (Martínez, 2016).

Esta investigación influye en la última etapa del ciclo de vida de los neumáticos fuera de uso, en donde se reutilizan estos desechos como materia prima dentro de la fabricación de bloques de concreto, iniciando así un nuevo ciclo de vida útil.

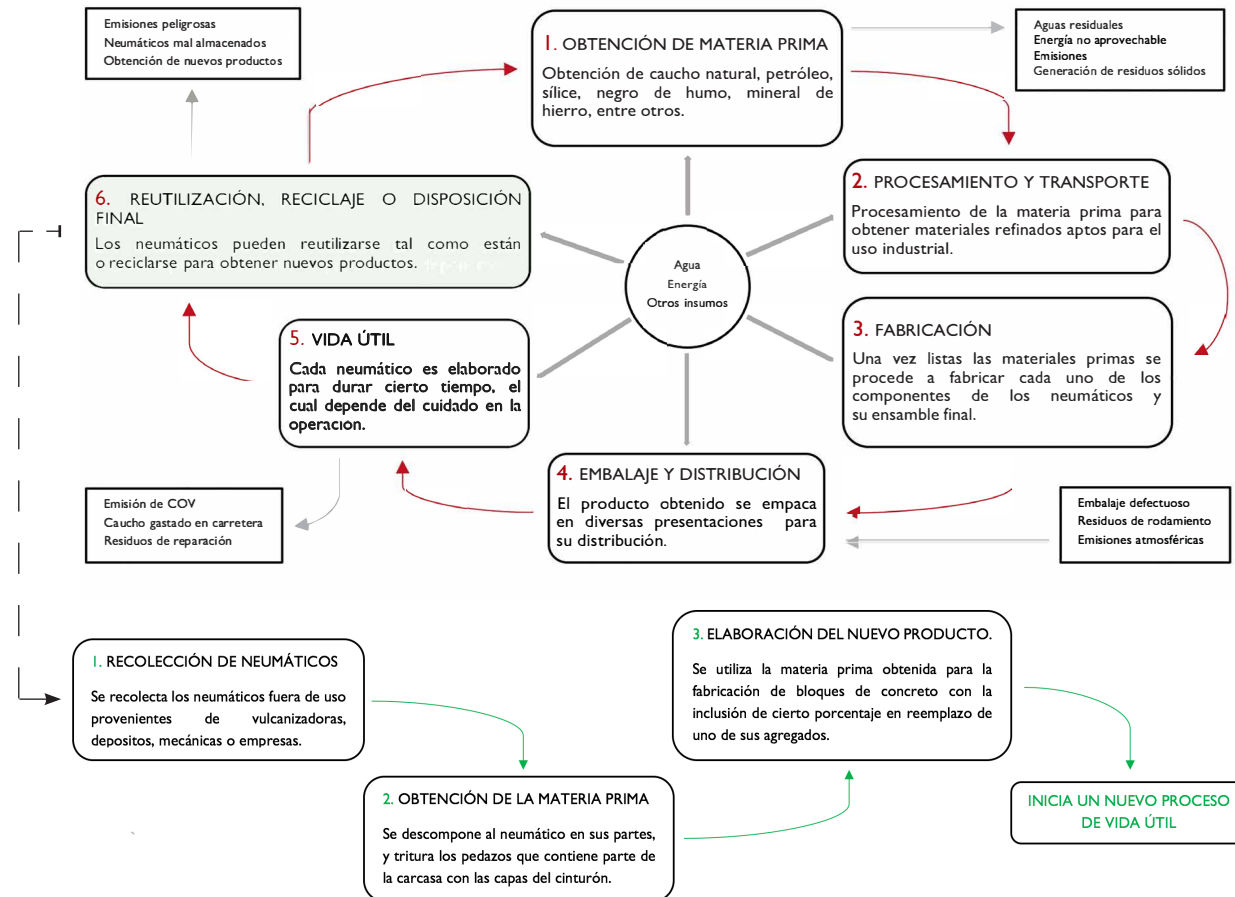


Figura 10.- Ilustración del ciclo de vida útil de los neumáticos fuera de uso con respecto a la elaboración del nuevo producto (Chiriboga & Quinteros, 2020).



### 1.3.6. GESTIÓN DE LOS NEUMÁTICOS FUERA DE USO EN EL ECUADOR.

Los neumáticos poseen componentes que los hacen muy resistentes a condiciones mecánicas y meteorológicas duras, por lo que no se degradan con facilidad; además, presentan una alta capacidad calorífica lo que genera mayor cantidad de energía en un incendio, emitiendo a la atmósfera gases y partículas nocivas (Olivares, 2016).

Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), los neumáticos son considerados desechos especiales, por lo que en el 2015 entró en vigencia el Acuerdo Ministerial 098 que establece que los importadores y productores de neumáticos deben recuperar el 30% de su mercado, esto con el objetivo de mitigar el problema ambiental que lleva a depositar miles de neumáticos al aire libre (El Comercio, 2016).

Además, el MAE estructuró un cronograma de actividades del Plan Nacional de Movilización de Neumáticos Usados, dando prioridad a zonas en las cuales se ha identificado la incidencia de dengue, ejecutando acciones multisectoriales para prevenir los riesgos en el ambiente y en la salud.

El objetivo de estos planes es movilizar los neumáticos fuera de uso recolectados en las diferentes

provincias, para que sean tratadas por gestores artesanales, quienes son beneficiados con esta labor ya que se convierte en una valiosa fuente de ingresos (ver figura 11). De esta manera se promueve el derecho a tener un ambiente sano y equilibrado, además, se fomenta el reciclaje como una actividad económica rentable y amigable con el planeta.

Al año se importan y se producen alrededor de 3'000.000 de llantas. Entre el 2014 y el 2015, el MAE informó que se recuperaron 1'500.000 NFU (esta cantidad incluye los neumáticos de los botaderos y los que han sido reciclados y reencauchados).



Figura 11.- Artesanos de Narancay enseñando los productos que fabrican a partir de los neumáticos fuera de uso (Ministerio del Ambiente del Ecuador).

### 1.3.7. ANTECEDENTES PARA LA OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.

El primer punto efectuado en esta investigación, es la obtención de la materia prima utilizada en la fabricación de bloques de concreto. Como punto de partida se tiene entendido que las carteras de estado, como son el MAE y el MSP, tienen creados y aprobados planes de manejo para los neumáticos fuera de uso, y los trabajan conjuntamente con ciertas empresas que proveen y distribuyen este material al país.

Al ser Cuenca el lugar de estudio definido, nuestra atención se centra en la más grande empresa de esta ciudad y una de las más grandes del país, Continental Tire Andina. Esta empresa forma parte del grupo Continental AG de Alemania, y se constituyó en el segundo semestre de 1955 bajo el nombre de Ecuadorian Rubber Company C.A., con su propulsor y ejecutor el Dr. Octavio Chacón Moscoso (Continental Tire Andina). Esta empresa en sus más de 50 años en el mercado, ha logrado posicionarse a nivel mundial, sin embargo, también es una de las principales generadoras de residuos de neumáticos, con un desecho promedial de 5000 neumáticos por mes.

Según Philipp von Hirschheydt, Presidente Ejecutivo de Continental Tire Andina (2013): “Desde la década de los 90 contamos con una política de reciclaje y

*cuidado del ambiente. Por eso estamos contentos de que Ecuador tenga una normativa legal que regule e incentive actividades de reciclaje. Cuenten con nuestro apoyo para desarrollar este plan y a la vez apelamos por que se integren a todos los actores de la industria”.*

La empresa trabaja con un grupo de artesanos y empresarios, que se encargan de manipular estos desechos de neumáticos y generar nuevos productos, tales como: muebles, repuestos para vehículos, masetas, neumáticos para carretillas, artesanías e inclusive pisos a partir de gránulos de caucho. De esta manera, se logró contactar con Rencavi (ver figura 12), una empresa dedicada a la trituración de neumáticos para la obtención de gránulos de caucho en distintos espesores, inclusive polvo de caucho. Esta empresa se encuentra ubicada al Noroeste de la ciudad de Cuenca, en la parroquia de San Joaquín y lleva operando durante 8 años, en los cuales han ido adquiriendo experiencia en el manejo de este material.

Para poder realizar el proceso de trituración, primero se desmonta al neumático en 3 partes: lateral del neumático incluido el talón, banda de rodamiento, y banda conformada por el innerliner, la carcasa y el cinturón estabilizador. Se decide utilizar la última parte por las siguientes razones:

- Posee el acero más delgado, sin embargo, esto no quiere decir que sea un acero menos resistente.

- Es más fácil manipular el material si se encuentra en tiras.
- Es una parte que se convierte en desecho, ya que no es utilizado por la recicladora.



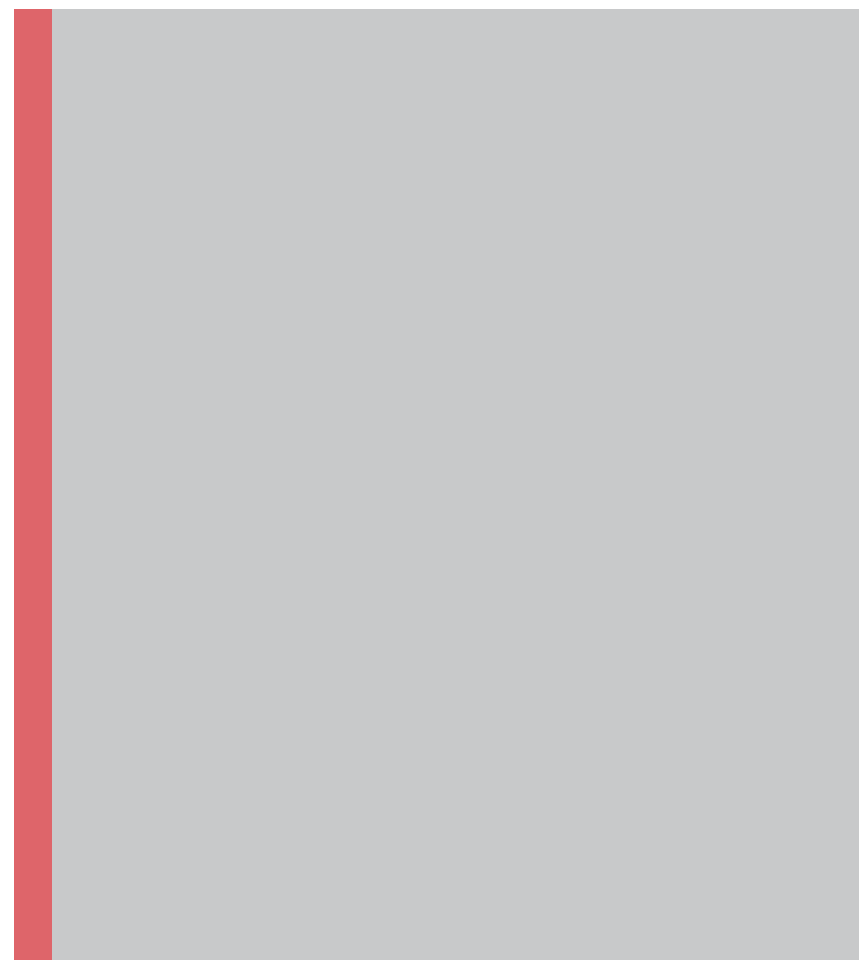
Figura 12.- Rencavi, empresa trituradora de caucho (Chiriboga & Quinteros, 2020).





# 2

## CAPÍTULO



# METODOLOGÍA

## 2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Albert Einstein: *“Descubrir una nueva teoría es como subir a una montaña desde donde podemos tener más amplios y nuevos panoramas”.*

La investigación que se realiza es de carácter exploratorio, para lo cual ha sido necesario obtener fuentes bibliográficas y científicas que brinden la mayor cantidad de información posible.

El presente trabajo, se desarrolla en torno a un producto fabricado y comercializado localmente, lo que implica usar la misma técnica de elaboración y dosificación; de esta manera se pueden realizar y comparar nuevos productos bajo las mismas condiciones. Además, se analiza si estos bloques son aptos para su uso en la construcción, para lo cual se establecen diagramas comparativos con la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

En definitiva, la investigación centra su atención en brindar un nuevo uso a un material que ha culminado con su “vida útil”. En este caso, la elaboración de bloques de concreto a partir de la incorporación de gránulos de caucho con fibras de acero; producto que además es sostenible, ya que busca mitigar el impacto generado por los neumáticos fuera de uso.

## 2.2. MARCO METODOLÓGICO

### 2.2.1. POBLACIÓN.

La población considerada para la investigación se detalla en la tabla 7 y se basa en la cantidad de especímenes a practicar por ensayo. Para el ensayo a Compresión Simple se necesitan 3 especímenes por tipo de porcentaje y agregado, a los 7 y 28 días, considerando además un desperdicio de 3 especímenes por tipo.

Para los ensayos de Absorción, Contenido de Humedad y Densidad se disponen de 3 tipos de bloques:

- Bloque estándar.
- Bloque menos favorable en comparación con el bloque estándar.
- Bloque más favorable en comparación con el bloque estándar.

### 2.2.2. MUESTRA.

La muestra es el estudio de un subconjunto de la población, la misma que debe ser representativa para lograr generalizarse a la población antes mencionada. En esta investigación, se maneja una muestra de 3 especímenes por ensayo y por tipo de bloque de concreto. Cabe añadir que la selección de los especímenes para la muestra serán al azar.



Figura 13.- Bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros, 2020).





TABLA DE POBLACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE											
Agregado de sustitución		Agregado Fino							Agregado Grueso		
Porcentaje de reemplazo		0%	5%	7,50%	10%	12,50%	15%	25%	5%	15%	25%
(días)	7	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1
		Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2
		Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3
	28	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1
		Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2
		Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3
Total parcial de bloques		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Total de bloques para el ensayo		60									
ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD.											
Bloque a ensayar		Bloque Estándar			Bloque menos favorable			Bloque más favorable			
ABSORCIÓN  CONTENIDO DE HUMEDAD  DENSIDAD		Espécimen 1			Espécimen 1			Espécimen 1			
		Espécimen 2			Espécimen 2			Espécimen 2			
		Espécimen 3			Espécimen 3			Espécimen 3			
Total parcial de bloques		3			3			3			
Total de bloques para los ensayos		9									
DESPERDICIO		Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1	Espécimen 1
		Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2	Espécimen 2
		Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3	Espécimen 3
Total parcial de bloques		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Total de bloques de desperdicio		30									
Total de bloques		99									

Tabla 7.- Especificación de las muestras utilizadas en la investigación (Chiriboga & Quinteros, 2020).

### 2.2.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Para la recolección de datos, se han elaborado diversas fichas y tablas tipo que faciliten el manejo de los mismos.

La información de cada espécimen se encuentra establecida en una ficha específica (ver figura 14). La comparación entre el mejor espécimen de cada porcentaje y el bloque estándar está organizada en una tabla (ver tabla 8), al igual que los valores de absorción, contenido de humedad y densidad adquiridos en los bloques (ver tabla 9) y de igual manera, los valores de las propiedades mecánicas de los tres especímenes por tipo, a los 7 y 28 días (ver tabla 10).

### 2.2.4. DELIMITACIÓN ESPACIAL.

La investigación cuenta con dos partes: la primera, es la elaboración de los bloques de concreto y la segunda, son los distintos ensayos a realizarse. Los bloques de concreto han sido elaborados en la fábrica Macova, ubicada en la Parroquia Lentag del cantón Girón, para luego ser trasladados al laboratorio de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca, donde se han realizado los ensayos correspondientes.

## 2.2.4.1 CONTENIDO DE LA FICHA ANEXO DE DATOS Y VALORES OBTENIDOS EN CADA ESPÉCIMEN.

- 1) Denominación del espécimen.
- 2) Peso ( 7 o 28 días).
- 3) Ancho (valores a).
- 4) Altura (valores b).
- 5) Longitud (valores c).
- 6) Espesor cara (valores d).
- 7) Espesor tabique (valores e).
- 8) Gráficas indicativas de las medidas tomadas.
- 9) Valores de esfuerzo obtenidos a través de la prensa.
- 10) Fotografía del espécimen.
- 11) Gráfica esfuerzo - deformación.
- 12) Valores de las propiedades mecánicas.

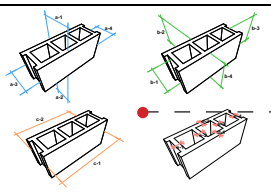

BLOQUE CON UN ---% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: --- / Valores a los --- días				
2	PESO (kgf)			DATOS DE LA PRENSA (mm) (kgf/cm <sup>2</sup> )
3	ANCHO - a (cm)	a - 1 a - 2 a - 3 a - 4		
4	ALTURA - b (cm)	b - 1 b - 2 b - 3 b - 4		
5	LONGITUD - c (cm)	c - 1 c - 2		
6	ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1 d - 2		
7	ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1 e - 2 e - 3 e - 4		
10				
12	ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> ) ELASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> ) PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> ) DUCTILIDAD			

Figura 14.- Ficha de los datos obtenidos de cada espécimen (Chiriboga & Quinteros, 2020).

**Tabla 8.-** Tabla comparativa de las características de los resultados entre cada espécimen (Chiriboga & Quinteros, 2020).

12) Especímenes obtenidos de los anexos.

### 2.2.4.3. CONTENIDO DE LA TABLA DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN.

- 1) Título de la tabla.
- 2) Denominación de los especímenes.
- 3) Dimensiones.
- 4) Volumen.
- 5) Masa del espécimen antes del ensayo.
- 6) Masa del espécimen sumergido.
- 7) Masa del espécimen saturado.
- 8) Masa del espécimen seco al horno.
- 9) Absorción
- 10) Contenido de humedad.
- 11) Densidad.

1	— — — — — ● ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD													
2	— — ● TIPO:													
3	— — ● DIMENSIONES (cm)	ANCHO	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4
		ALTO	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4
		LONGITUD	Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2	
		ESPESOR CARA	Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2	
		ESPESOR TABIQUE	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4
4	— ● VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )													
5	— ● MASA COMO SE RECIBE (kg)													
6	— ● MASA SUMERGIDA (kg)													
7	— ● MASA SATURADA (kg)													
8	— ● MASA SECO AL HORNO (kg)													
9	— ● ABSORCIÓN (%)													
10	— ● CONTENIDO DE HUMEDAD (%)													
11	— ● DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )													

Tabla 9.- Tabla comparativa de los valores adquiridos de los ensayos a la absorción, contenido de humedad y densidad (Chiriboga & Quinteros, 2020).



#### 2.2.4.4. CONTENIDO DE LA TABLA DE LAS CARACTERÍSTICAS ENTRE ESPECÍMENES.

- 1) Tipo de espécimen.
- 2) Peso promedio de los diferentes tipos.
- 3) Esfuerzo máximo promedio de los diferentes tipos.
- 4) Título de la tabla.
- 5) Módulo elástico promedio.
- 6) Plasticidad promedio.
- 7) Ductilidad promedio.

RESUMEN DE VALORES A LOS 28 DIAS						
TIPO		PESO (kgf)	ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	MÓDULO ELÁSTICO (kgf/cm <sup>2</sup> )	PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	DUCTILIDAD
ESTÁNDAR	ESTÁNDAR					
	25% A. Grueso					
	15% A. Grueso					
AGREGADO GRUESO	5% A. Grueso					
	25% A. Fino					
	15% A. Fino					
	12,5% A. Fino					
	10% A. Fino					
	7,5% A. Fino					
AGREGADO FINO	5% A. Fino					

Tabla 10.- Tabla resumen de las propiedades mecánicas promediales obtenidas a los 7 y 28 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).

## 2.3. METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA (GRÁNULOS DE CAUCHO CON FIBRAS DE ACERO)

La metodología utilizada para la obtención de los gránulos de caucho con fibras de acero se basa en un proceso experimental, que consiste en la trituración total de una parte del neumático, extraída a través del desmantelamiento del mismo; este proceso se realiza con la ayuda de máquinas artesanales elaboradas por la empresa Rencavi.

### 2.3.1. PROCESO DE TRITURACIÓN.

Este proceso inicia con la categorización por bandas de caucho, con un promedio de longitud entre 1,50m - 1,80m por un ancho de 10cm - 15cm. Estas dimensiones dependen del tipo de neumático, a pesar de que la empresa, en su mayoría, utiliza neumáticos de rin 15.

Se procede a insertar las bandas de caucho en la trituradora artesanal y se logra observar que no importa la manera en que estas sean colocadas, siempre van a tender a irse hacia los costados de la máquina, provocando que el material se acumule en esta parte y se produzca un fallo de uso en la misma (ver figura 18); por este motivo, las bandas deberían insertarse en fragmentos, evitando así, un excesivo acumulamiento de material en los rodillos trituradores.

De esta forma, inicia el proceso de experimentación para conseguir una adecuada y

rápida fragmentación de las bandas de caucho, para posteriormente triturarlas, de tal manera que el gránulo de caucho y las fibras de acero sean lo más homogéneas posible, considerando un gránulo de dimensión promedio de 4,75mm.

Para conseguir el resultado deseado, se ha dividido este proceso en 4 fases experimentales, donde las dos primeras corresponden a la fragmentación de las bandas de caucho, buscando el método más rápido y práctico; mientras que las dos últimas comprenden la experimentación de la trituración.



Figura 15.- Falla de la trituradora artesanal por acumulamiento de bandas de caucho en los laterales del rodillo (Chiriboga & Quinteros 2020).



Figura 16.- Materia prima para la investigación (Chiriboga & Quinteros, 2020)



### 2.3.1.1. Fase Experimental I (Caladora eléctrica).

En la fase I, se experimenta con una caladora eléctrica debido a que posee una sierra que ayuda a realizar cortes precisos. Este método funciona de manera adecuada para obtener fragmentos entre los 5cm de longitud por el ancho de la banda de caucho, sin embargo, se concluye que fue un método sencillo pero no tan rápido.

### 2.3.1.2. Fase Experimental II (Cortadora Artesanal).

En la fase II, se utiliza una cortadora artesanal facilitada por la empresa Rencavi. Esta máquina presenta la capacidad de un corte más preciso y rápido gracias a su disco de acero con un diámetro de 60cm y un espesor de aproximadamente 2mm, lo cual la hace funcionar como una cuchilla cuando el material pasa entre ella y la mesa.

### 2.3.1.3. Fase Experimental III (Trituración de los segmentos de caucho con acero).

La fase III, consiste en la trituración de los segmentos obtenidos en las fases ya mencionadas, con el objetivo de conseguir gránulos de tamaño uniforme, hasta obtener gránulos de caucho pequeños, no mayores a una granulometría de 4,75mm.

### 2.3.1.4. Fase Experimental IV (Tamizado).

En la fase IV, se realiza el tamizado para conocer el porcentaje de granulometría que tiene el material de los gránulos de caucho con fibras de acero. Este proceso se desarrolla para conocer si el material tiene la granulometría necesaria para la fabricación de bloques de concreto, considerando a 4,75mm como una dimensión adecuada para proceder con la sustitución del producto en el agregado fino y grueso.

Finalmente, se concluyó que el tamaño de los gránulos de caucho con fibras de acero es adecuado para usarse, ya que el 90% del material tiene una granulometría igual o menor a 4,75mm.



Figura 17.- Fase experimental I (Chiriboga & Quinteros 2020).



Figura 19.- Fase experimental III (Chiriboga & Quinteros 2020).



Figura 18.- Fase experimental II (Chiriboga & Quinteros 2020).



Figura 20.- Fase experimental IV (Chiriboga & Quinteros 2020).

### 2.3.1.5. Metodología del proceso de trituración para la obtención de los gránulos de caucho con fibras de acero.

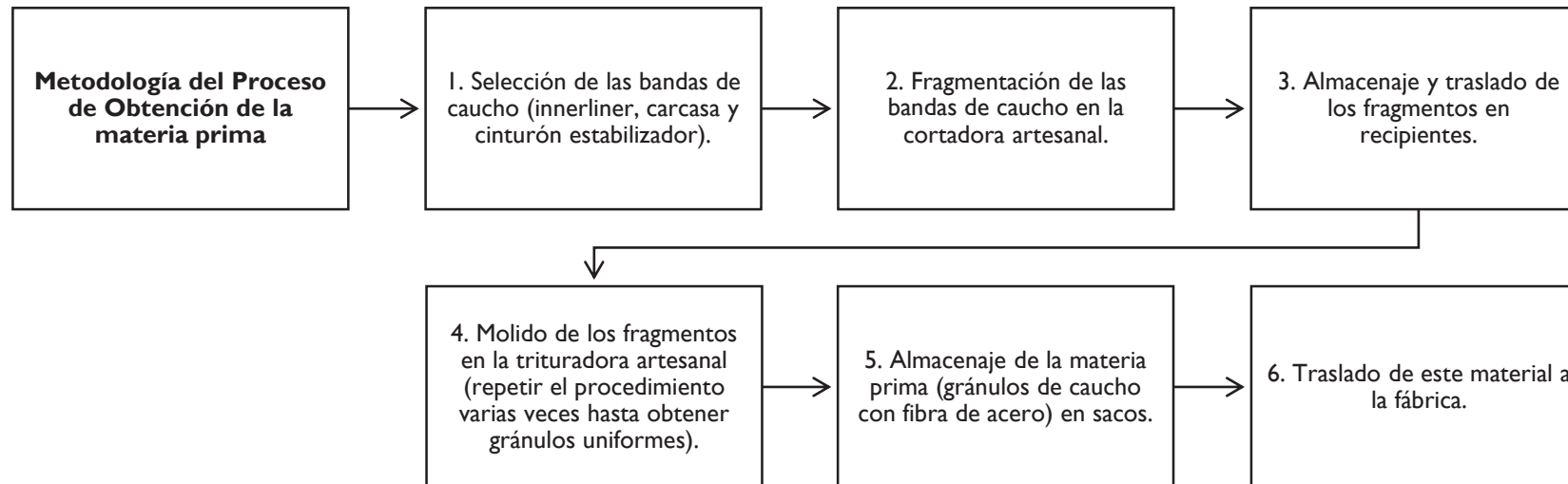
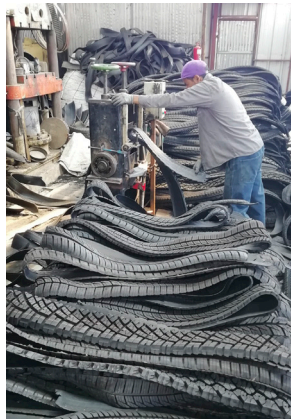


Figura 21.- Diagrama de la Metodología del proceso de obtención de la materia prima. (Chiriboga & Quinteros 2020).





### 2.3.1.6. Proceso de trituration para la obtención de los gránulos de caucho con fibras de acero.

Una vez realizadas las distintas fases experimentales se identifica al método de fragmentar las bandas de caucho en la cortadora artesanal, como el más adecuado por las siguientes razones:

- Se consigue fragmentos de 5 cm con gran facilidad.
- El tiempo de obtención es mínimo.
- Se necesita de una sola persona para realizar este proceso.

La ventaja al conseguir fragmentos más pequeños, es que al momento de insertar este material en la trituradora, nos permite trabajar con mayor facilidad y sin esfuerzo, dando como resultado un gránulo de dimensiones adecuadas para la investigación.

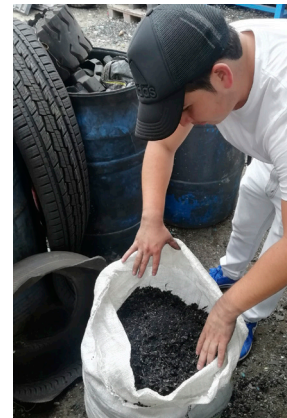
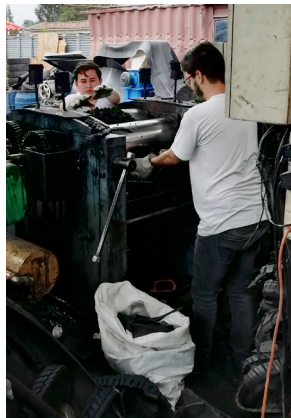


Figura 22.- Trituración de los segmentos en la máquina artesanal. (Chiriboga & Quinteros 2020).



## 2.4. METODOLOGÍA DE LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO DE LA FÁBRICA MACOVA

La metodología de la fabricación de bloques de concreto es de carácter artesanal. Por esta razón, se analiza el proceso de dosificación y elaboración, debido a que la investigación está sujeta a seguir la misma metodología, obteniendo comparaciones semejantes entre el bloque estándar y los distintos bloques a fabricar.

### 2.4.1. DOSIFICACIÓN DE LOS BLOQUES.

La dosificación de los bloques de concreto que utiliza la fábrica, se calcula a través de un cierto número de paladas por material, lo cual no es un método exacto. El número de paladas depende del bloque que se desea fabricar. En la tabla 11, se pueden observar las características de la pala usada por la fábrica, de acuerdo al bloque estándar establecido en la sección 1.1.2.

Para determinar la masa de los materiales por palada en la dosificación, se debe realizar un promedio de la masa tomada de tres paladas por cada material (arena, chasqui y puzolana). Después se multiplica la masa promedio por el número de paladas utilizadas, obteniendo el total de masa por material (ver tabla 12).



Figura 23.- Empleados de la fábrica Macova elaborando los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros, 2020).



La dosificación corresponde a la masa total de cada material utilizado para un saco de cemento.

LONGITUD DE LA EMPUÑADURA	TAMAÑO DE LA HOJA	PESO
(mm)	(mm)	(kg)
1.194	219 x 292	1,70

**Tabla 11.-** Características de la pala usada para la dosificación (Chiriboga & Quinteros 2020).

DOSIFICACIÓN PARA UN SACO DE CEMENTO (PALADA)					
MATERIAL	PALADA 1 (kg)	PALADA 2 (kg)	PALADA 3 (kg)	PROMEDIO (kg)	TOTAL (kg)
Chasqui (15 paladas)	3,90	4,05	4,35	4,10	61,50
Arena (16 paladas)	6,50	6,70	6,75	6,65	106,40
Puzolana (10 paladas)	3,52	3,64	3,64	3,60	36,00

**Tabla 12.-** Dosificación de la masa de cada material en relación a un saco de cemento (Chiriboga & Quinteros 2020).

## 2.4.2. ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO.

### 2.4.2.1. Mezcla.

La mezcla está sujeta al tipo de bloque a fabricar, ya que de eso dependerá su dosificación. Los materiales son mezclados por 4 haspas tipo pala, que giran desde un distinto radio dentro de un contenedor metálico, el mismo que tiene una capacidad para un saco de cemento (50 kg). Todo este proceso de mezclado tiene un orden y un tiempo establecido por los operadores.

#### ► Equipos y Materiales.

- Mezcladora artesanal.
- Carretilla.
- Pala.
- Balde (10 litros).
- Saco de cemento (50kg).
- Agregado Fino (arena).
- Agregado Grueso (chasqui).
- Puzolana.
- Agua.

#### ► Procedimiento.

El proceso de mezclado inicia con la cargada del agregado grueso en la carretilla, para luego ser vertida en el contenedor metálico. Inmediatamente se encienden las haspas metálicas por un tiempo de 15 segundos aproximadamente, para poder distribuir el agregado por todo el contenedor.

A continuación, se procede a cargar el agregado fino en la carretilla y se lo vierte en el contenedor, luego se encienden las haspas por un periodo de 30 segundos para que los agregados se mezclen adecuadamente. Después se coloca el saco de cemento y la puzolana, y se encienden las haspas por 3 minutos aproximadamente, tiempo en el que el operador vertirá poco a poco el agua hasta conseguir una mezcla que se considere adecuada, ya que a pesar de tener establecida una cantidad específica de agua en la dosificación, suele variar de acuerdo a que tan húmedo se encuentren los agregados.

Una vez culminado este proceso se abre una compuerta del contenedor metálico que dará paso a la mezcla, y esta caerá sobre una banda eléctrica para ser transportada hacia una tolva para su siguiente proceso.





Figura 24.- Proceso de elaboración de la mezcla para los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).





Figura 25.- Operador de la fábrica elaborando los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).

#### 2.4.2.2. Molde.

El molde depende de las dimensiones del bloque a elaborar. La fábrica posee tres tipos distintos de bloque, en esta investigación se considera el bloque de la tabla I, siendo este el más utilizado y elaborado por la misma.

##### ► Equipos y Materiales.

- Máquina artesanal.
- Banda Eléctrica (Transporta la mezcla desde el contenedor hasta la tolva).
- Molde.

##### ► Procedimiento.

Este proceso inicia cuando la mezcla pasa desde el contenedor hacia la tolva.

Primero con la ayuda de una escoba y un poco de agua, se limpia el molde por la parte inferior, y se coloca una tarima, esta es de madera recubierta con una lámina de acero, ya que sobre ella serán fabricados los bloques de concreto. Una vez realizado este proceso, el operador deja caer el molde sobre la tarima y vierte mezcla suficiente para fabricar un total de 4 bloques (ver figura 30). Para que el molde quede lleno, se enciende la mesa vibradora para distribuir de una manera homogénea

la mezcla, evitando que queden burbujas de aire. Este proceso dura cerca de 10 segundos aproximadamente; se aconseja no vibrar mucho ya que se puede producir una disgregación de los materiales de la mezcla.

A continuación, se procede a colocar el compactador sobre el molde, el cual durante un tiempo de 5 segundos ejerce una fuerza constante dando la forma final al bloque. Después con ayuda de un sistema hidráulico los moldes suben dejando libre y listos los bloques de concreto. Finalmente, con la ayuda de una barra metálica se retiran los bloques de la máquina por medio de una riel de salida, en donde otro operador de la fábrica, con ayuda de un transportador manual (ver figura 31) traslada la tarima con los bloques de concreto hacia el espacio destinado para su fraguado y curado.

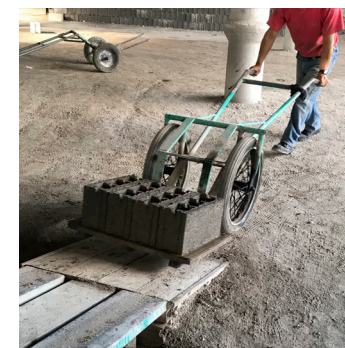


Figura 26.- Transportador manual, utilizado para movilizar las tarimas con los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).





Figura 27.- Proceso de elaboración de los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros, 2020).





Figura 28.- Fraguado y curado de los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).

#### 2.4.2.3. Fraguado y Curado.

El proceso de fraguado y curado es de gran importancia dentro de la fabricación de los bloques, pues dependiendo del tratamiento que se les de en esta etapa, estos podrían adquirir un mejor comportamiento a la resistencia.

Una correcta temperatura y humedad, provocará que la reacción química agua/cemento sea la adecuada (Instituto Colombiano de productos de Cemento, 1991).

##### ► Equipos y Materiales.

- Transportador manual.
- Tarima de madera con una lámina de acero.
- Depósito para almacenaje.
- Manguera con rociador.

##### ► Procedimiento.

El proceso de fraguado inicia una vez que los bloques salen de la máquina. Este proceso toma alrededor de 24 horas y consiste en dejar los bloques sobre un lugar techado protegidos del viento, sol y lluvia, en definitiva, debe mantenerse una temperatura adecuada y constante.

Culminadas las 24 horas, inicia el proceso de curado, el mismo que consiste en mantener la humedad en los bloques, los cuales se riegan 3 veces al día durante un periodo de 7 días con la ayuda de una manguera con rociador.

#### 2.4.2.4. Almacenamiento.

Una vez terminado el tiempo de curado de los bloques, estos son trasladados a una zona de almacenamiento, donde se apilan por filas evitando que los bloques se desmoronen, por lo que se recomienda alternar el sentido de las filas (ver figura 34).



Figura 29.- Almacenamiento de los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros 2020).



## 2.5. ENSAYOS DE LOS AGREGADOS USADOS PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO

La calidad del bloque de concreto depende de las características de los agregados y de la dosificación que se usa para su elaboración. Sin embargo, esta tesis se concentra en la aplicación de una misma metodología de fabricación, razón por la que los ensayos a realizarse son:

- Ensayo de granulometría (Agregado fino y grueso): Se necesita saber qué granulometrías son predominantes dentro de los agregados, para determinar el tamaño al que se debe sujetar el gránulo de caucho.
- Ensayo de impurezas orgánicas (Agregado fino): Para verificar la calidad, al ser un material proveniente de un río.

Estos ensayos están referidos a distintas fuentes bibliográficas. Los de granulometría están remitidos a las Normas NTE INEN 0872 (2011), ASTM C136-01 y NTG-41007 (2012), el de impurezas orgánicas a la Norma NTE INEN 0855 (2010).



Figura 30.- Áridos usados para la fabricación de bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros, 2020).





Figura 31.- Colocación de los tamices en el agitador mecánico (Chiriboga & Quinteros 2020).

## 2.5.1 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA.

Es el estudio de la proporción de los tamaños de las partículas contenidas en un árido, determinado por tamizado a través de varias mallas o tamices a distintas aberturas (Tierra, 2014). Según la Norma NTE INEN 0872 (2011) la granulometría del agregado fino debe estar comprendida dentro de los límites indicados en la tabla 13, mientras que para el agregado grueso, se rige a los valores indicados en la tabla 14.

TAMIZ INEN	PORCETAJE QUE PASA
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	10 a 30
150 µm	2 a 10

Tabla 13.- Requisitos de gradación para el agregado fino (Norma NTE INEN 0872, 2011).

TAMIZ INEN	PORCETAJE QUE PASA
19 mm	100
13,2 mm	90 a 100
9,5 mm	40 a 70
4,75 mm	0 a 15
2,36 mm	0 a 15

Tabla 14.- Requisitos de gradación para el agregado grueso (Norma NTE INEN 0872, 2011).

### ► Equipos y Materiales.

- Muestras de 500 gramos.
- Bandejas.
- Tamices para Agregado Fino: 9,5mm; 4,75mm; 2,36mm; 1,18mm; 600µm; 300 µm; 150µm.
- Tamices para agregado grueso: 13,2mm; 9,5mm; 4,75mm; 2,36mm.
- Balanza de precisión (1g y 0.01g).
- Horno a temperatura 110°C +/- 5°C.
- Cepillos de Acero.
- Agitador mecánico.

### ► Procedimiento.

El procedimiento de la granulometría es similar para los dos tipos de agregados, con diferencia en el número de tamices a utilizar.

Consiste en secar el agregado por un lapso de 24 horas dentro de un horno a temperatura de 110°C +/- 5°C. Una vez seco el agregado se deberá pesar una cantidad de 500 gramos para ser colocados en los tamices. Después se colocan los tamices en un agitador mecánico durante un tiempo de 7 minutos. Finalmente, se pesa la cantidad retenida en cada tamiz, obteniendo así los resultados (NTG-41007, 2012).



Figura 32.- Proceso del ensayo de granulometría del agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

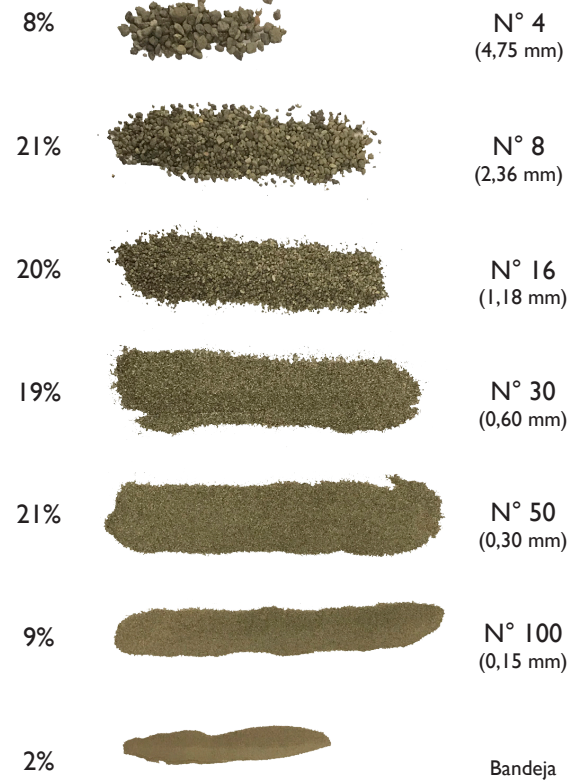


Figura 33.- Resultados del ensayo granulométrico del agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).





Figura 34.- Proceso del ensayo de granulometría del agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).

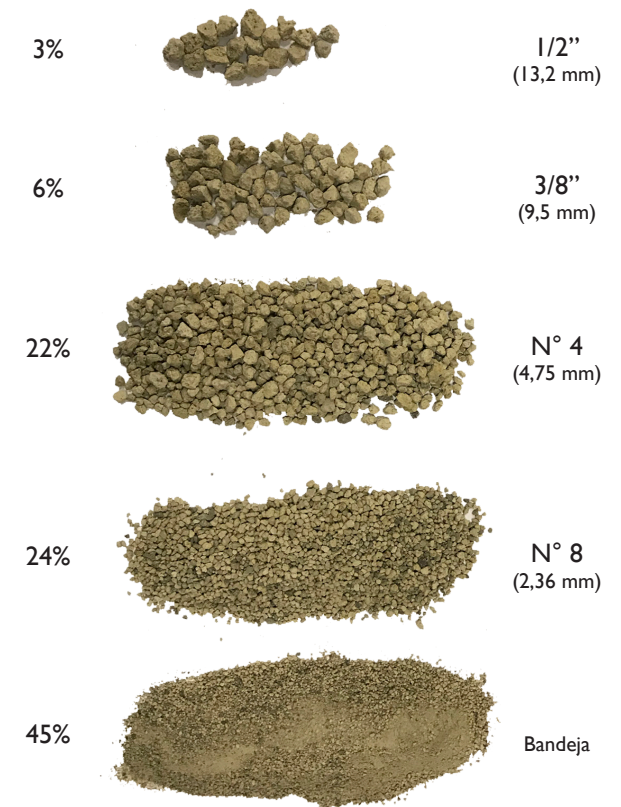


Figura 35.- Resultados del ensayo granulométrico del agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).

### 2.5.1.1. Análisis de los resultados del ensayo de granulometría en el agregado fino.

Según la Norma NTG-41007 (2012), las condiciones que debe cumplir el agregado fino son las siguientes:

- El porcentaje retenido en el tamiz no debe ser mayor al 45%. En este ensayo se obtiene un valor máximo del 21% retenido en el tamiz No. 8 y un valor mínimo del 8% en el tamiz No. 4 (ver tabla 15).
- El módulo de finura debe tener un límite superior de 3,1 y un límite inferior de 2,3. Este valor se determina por medio del siguiente cálculo establecido por la Norma ASTM C136-01:

**Mod. finura** =  $(\Sigma \text{ del porcentaje acumulado}) / 100$   
(tamiz No. 4 al No. 100)/100.

El valor obtenido en el agregado fino es igual a 2,59 por lo tanto se encuentra dentro del rango establecido.

Se puede concluir que el agregado fino cumple con lo establecido en la Norma NTG-41007 (2012) y la Norma ASTM C136-01.

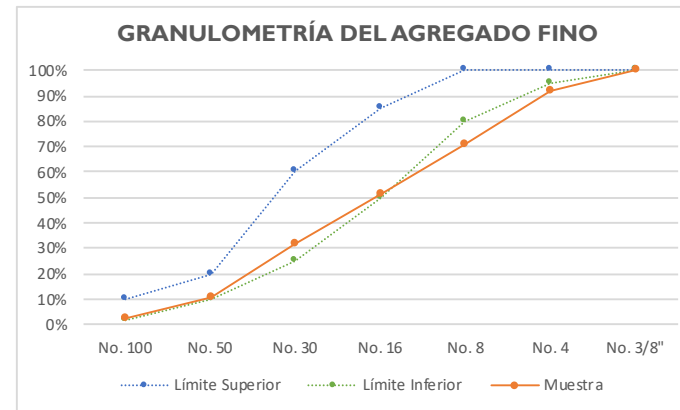


Figura 36.- Gráfica porcentaje - tamiz de la granulometría del agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

DATOS TÉCNICOS Y RESULTADOS								
GRANULOMETRÍA								
AGREGADO: FINO								
TAMIZ	ABERTURA (mm)	LÍMITE ESPECIFICADOS	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR	RETENIDO (g)		PORCENTAJE (%)	
					PARCIAL	ACUMULADO	RETENIDO	PASA
No. 3/8"	9,50	100%	100%	100%	0	0	0%	100%
No. 4	4,75	95 - 100 %	100%	95%	42,20	42,20	8%	92%
No. 8	2,36	80 - 100%	100%	80%	105,20	147,40	21%	71%
No. 16	1,18	50 - 85%	85%	50%	99,20	246,60	20%	51%
No. 30	0,60	25 - 60%	60%	25%	96,60	343,20	19%	32%
No. 50	0,30	10 - 30%	20%	10%	103,55	446,75	21%	11%
No. 100	0,15	2 - 10%	10%	2%	43,58	490,33	9%	2%
Bandeja	Bandeja				9,70	500,03	2%	0%

Tabla 15.- Tabla de resultados obtenidos en el ensayo de granulometría del agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).



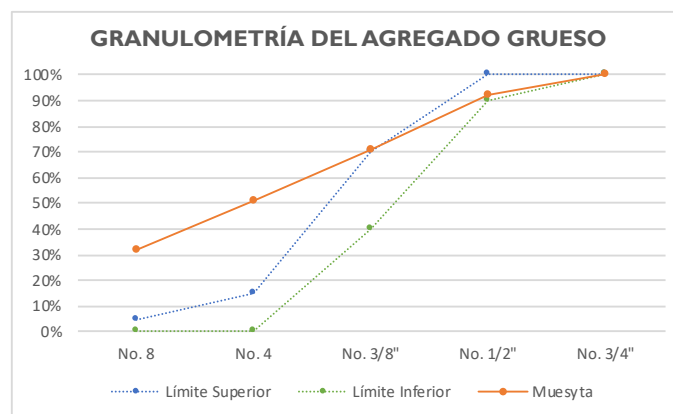


Figura 37.- Gráfica porcentaje - tamiz de la granulometría del agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).

DATOS TÉCNICOS Y RESULTADOS								
GRANULOMETRÍA								
AGREGADO: GRUESO								
TAMIZ	ABERTURA (mm)	LÍMITE ESPECIFICADOS	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR	RETENIDO (g)		PORCENTAJE (%)	
					PARCIAL	ACUMULADO	RETENIDO	PASA
No. 3/4"	19,00	100%	100%	100%	0	0	0%	100%
No. 1/2"	13,20	90 - 100 %	100%	90%	12,79	12,79	3%	97%
No. 3/8"	9,50	40 - 70%	70%	40%	32,48	45,27	6%	91%
No. 4	4,75	0 - 15%	15%	0%	109,72	154,99	22%	69%
No. 8	2,36	0 - 5%	5%	0%	117,77	272,76	24%	45%
Bandeja	Bandeja				227,08	499,84	45%	0%

Tabla 16.- Tabla de resultados obtenidos en el ensayo de granulometría del agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020)

### 2.5.1.2. Análisis de los resultados del ensayo de granulometría del agregado grueso.

Según la norma NTE INEN 0872 (2011), el agregado grueso posee rangos de tamaños más amplios; además nos permite conocer los valores que se pueden utilizar de acuerdo al uso que se le de, estableciendo los porcentajes de retención por tamiz.

El agregado grueso que utiliza la fábrica para la elaboración de los bloques de concreto tiene una granulometría de 3/4", por esta razón se utilizan los valores comprendidos entre 19mm y 2,36mm (NTE INEN 0872, 2011).

Una vez realizado el ensayo se ha podido concluir que el agregado grueso (chasqui) tiene una tendencia a la granulometría fina, sin embargo, se le considera un material apto para la fabricación de bloques.

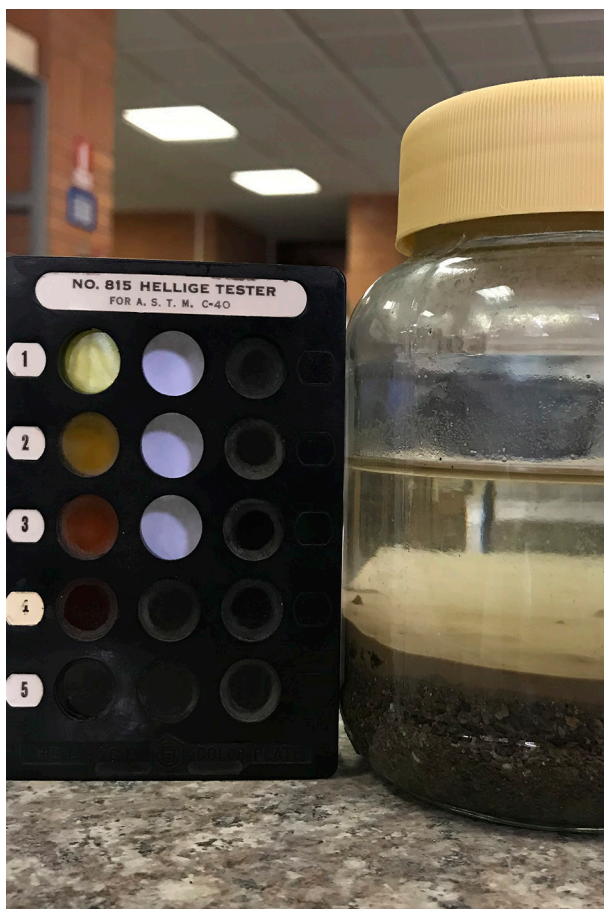


Figura 38.- Ensayo de impureza orgánica del agregado fino (Chiriboga & Quinteros 2020).

## 2.5.2. ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS.

Los agregados finos naturales presentan impurezas orgánicas, lo cual reduce las hidrataciones del cemento modificando la resistencia del mismo. Según la Norma NTE INEN 0855 (2010), el agregado puede poseer diferentes tipos de impurezas siendo estas dañinas e inapropiadas, razón por la cual este ensayo nos permite determinar la aceptabilidad del agregado.

### ► Equipos y Materiales.

- Bote de vidrio transparente.
- 1 placa orgánica de colores No. 815 HELIGE TESTER
- Agregado Fino 450 gramos.
- Solución de Hidróxido de sodio reactivo al 3%.

### ► Procedimiento.

Primero se vierte agua libre de impurezas en un frasco de vidrio conjuntamente con la solución de hidróxido de sodio reactivo al 3% por la cantidad de agua. Después se añade el agregado fino y se agita vigorosamente por un lapso de 20 segundos para obtener una mezcla homogénea.

Posteriormente, se deja reposar por un lapso de 24 horas y luego se compara el color del líquido con la placa orgánica No. 815 Hellige Tester para determinar si la muestra está en el límite de impurezas orgánicas inapropiadas aceptables.

Concluyendo que el agregado fino se encuentra en la escala numero 1 de la placa, demostrando un rango correcto de contenido de impurezas orgánicas.

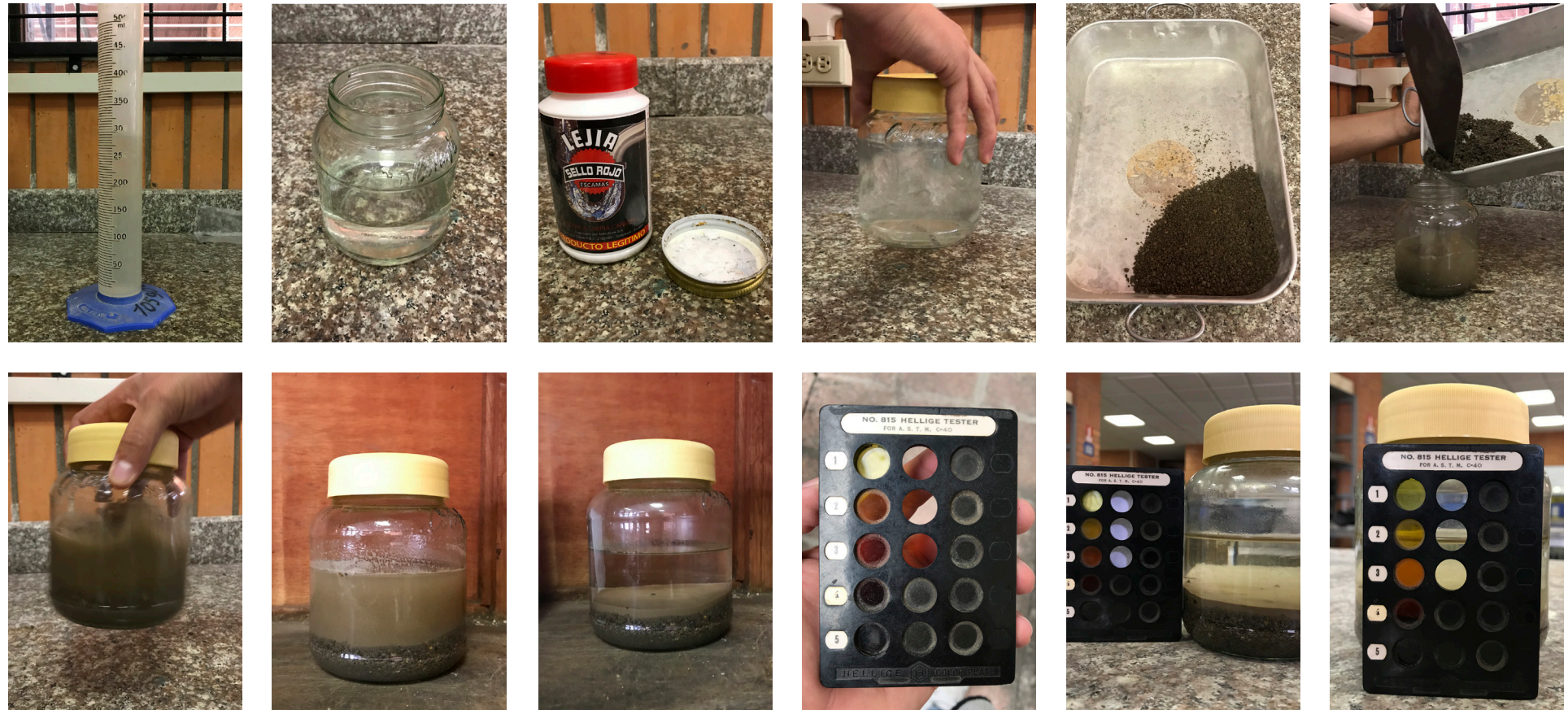


Figura 39.- Proceso del ensayo de impurezas orgánicas en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).



## 2.6. METODOLOGÍA DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LOS BLOQUES

*“La compresibilidad es la propiedad que presentan los cuerpos materiales de disminuir su volumen cuando se aumenta la presión ejercida sobre ellos”.*

Neyva Almeida (2011).

La mejor forma de conocer las deformaciones de un elemento es realizando el ensayo a la compresión simple, donde se aplican cargas a través de una máquina específica para este proceso. Esta nos permite visualizar los resultados de carga máxima que se obtienen en los distintos especímenes, además, de proporcionar los valores necesarios para dibujar la gráfica esfuerzo - deformación. La Norma NTE INEN 3066 (2016), es la que establece el método de ensayo de los bloques de concreto, para generar la metodología a la compresión simple.

### 2.6.1. Equipos y materiales.

- Máquina a compresión.
- Balanza digital.
- Placas de acero.
- Flexómetro.
- Bloque de concreto.
- Deformímetro.
- Cartilla de apuntes.



Figura 40.- Colocación del bloque de concreto en la prensa (Chiriboga & Quinteros, 2020).



### 2.6.2. Procedimiento.

El proceso para la obtención de la resistencia a la compresión simple se realiza a través de una serie de pasos establecidos por la Norma antes mencionada, permitiendo determinar y comparar los resultados obtenidos. A continuación, se describe cada uno de ellos:

#### ► Dimensión.

Se procede a tomar las dimensiones de cada bloque, considerando su ancho, largo, alto, espesores de cara y espesores de tabique, lo cual sirve para calcular el área y volumen, necesarios para determinar las propiedades mecánicas de cada uno de los especímenes.

#### ► Peso.

Se debe pesar cada unidad sobre una balanza digital, este dato nos permite generar una comparación entre los diferentes tipos de especímenes elaborados y el bloque estándar.

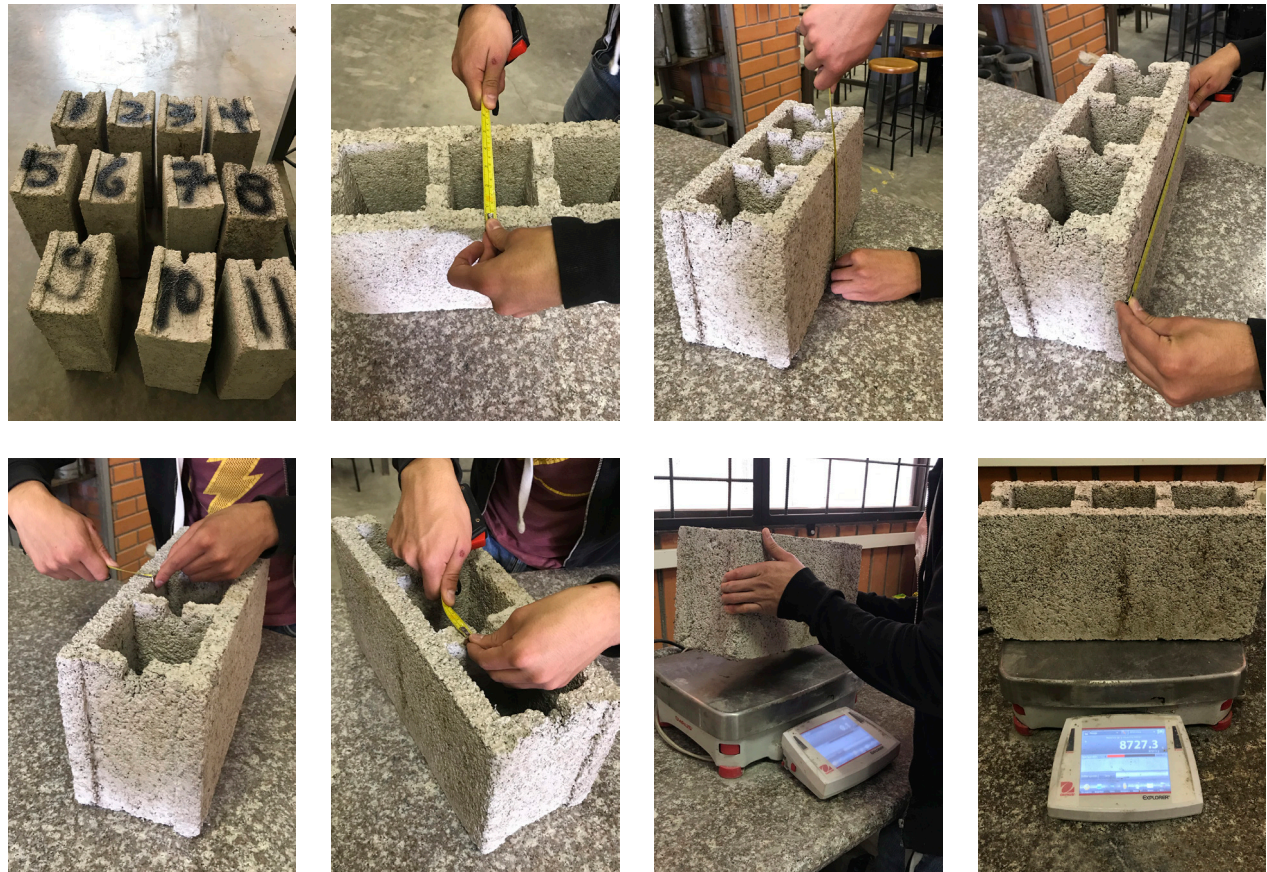


Figura 41.- Proceso de toma de medidas y pesaje de los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 42.- Bloque de concreto durante el ensayo a compresión simple (Chiriboga & Quinteros 2020).

#### ► Rotura.

El proceso de rotura a la compresión simple se realiza con ayuda de la prensa (máquina a compresión) del laboratorio de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca.

Los pasos para realizar este ensayo se detallan a continuación:

- Se coloca una placa de acero en la parte superior e inferior para que el espécimen tenga un correcto contacto en toda su superficie. Se recomienda encender la máquina unos minutos antes de comenzar el ensayo.
  - Después se sitúa el bloque alineado al centro de las placas y al cilindro de la prensa.
  - Una vez situado en una posición correcta, se pone a trabajar la prensa hasta que esta comience a marcar un valor de carga en la máquina.
  - Dado el primer valor, se pausa la prensa y se coloca el deformímetro en la parte inferior de la placa inferior.
- Antes de comenzar el proceso de rotura se debe asegurar que el valor del deformímetro sea cero en cada repetición del proceso.
  - Terminado estos pasos iniciales se comienza con el proceso de rotura, en donde se deben anotar los valores de carga dados por la máquina cada 0,05mm marcado por el deformímetro hasta la rotura del espécimen.
  - Por último, se retira el bloque ensayado y se repite el mismo proceso con los especímenes restantes.





Figura 43.-Proceso del ensayo a compresión en los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros, 2020)

### 2.6.3. Cálculos para la obtención de las propiedades mecánicas.

#### 2.6.3.1. Compresión simple.

- **Área bruta.**

Según la Norma NTE INEN 3066 (2016), el área bruta de la sección transversal de una unidad, es el área total de la sección perpendicular hacia la dirección de la carga.

$$\text{Área bruta (Ag), (cm}^2\text{)} = l \times a.$$

Donde:

Ag= Es el área bruta de la unidad, (cm<sup>2</sup>).

l= Es el largo promedio de la unidad, (cm<sup>2</sup>).

a= Es el ancho promedio de la unidad, (cm<sup>2</sup>).

- **Área neta.**

Según la Norma NTE INEN 3066 (2016), es la superficie paralela al plano de carga. Se obtiene al dividir el volumen neto para su altura.

$$\text{Volumen Neto (Vn), (cm}^3\text{)} = \frac{M_d}{D}, \text{ o}$$

$$\text{Volumen Neto (Vn), (cm}^3\text{)} = (M_s - M_i) \times 10^6.$$

Donde:

Vn= Es el volumen neto de la unidad, (cm<sup>3</sup>).

Md= Es la masa de la unidad seca al horno, (kg).

D= Es la densidad de la unidad seca al horno, (kg/cm<sup>2</sup>).

Ms= Es la masa de la unidad saturada, (kg).

Mi= Es la masa de la unidad sumergida, (kg).

- **Resistencia a la compresión simple del área bruta.**

Según la Norma NTE INEN 3066 (2016), la resistencia a la compresión del área bruta se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Resistencia área bruta (RAg), (kgf/cm}^2\text{)} = \frac{P}{A_g}$$

Donde:

Rag= Es la resistencia a la compresión simple, (kgf/cm<sup>2</sup>).

P= Es la carga máxima de compresión, (kgf).

Ag= Es el área bruta de la unidad, (cm<sup>2</sup>).

- **Resistencia a la compresión simple del área neta.**

Según la Norma NTE INEN 3066 (2016), la resistencia a la compresión del área neta se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Resistencia área neta (RAn), (kgf/cm}^2\text{)} = \frac{P}{A_n}$$

Donde:

Ran= Es la resistencia a la compresión simple, (kgf/cm<sup>2</sup>).

P= Es la carga máxima de compresión, (kgf).

An= Es el área neta de la unidad, (cm<sup>2</sup>).

#### 2.6.3.2. Módulo de elasticidad.

El módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal, se determina con la siguiente fórmula:

$$\text{Módulo Elasticidad, (kgf/cm}^2\text{)} = \frac{\vartheta}{\varepsilon} = \frac{P1/A_n}{\delta/L}$$

Donde:

ϑ= Esfuerzo del miembro (kgf/cm<sup>2</sup>).

ε= Deformación unitaria (cm/cm).

P1= Fuerza aplicada hasta el rango elástico (kgf).

An= Área Neta (cm<sup>2</sup>)

δ= Deformación hasta la fuerza aplicada (cm).

L= Longitud del miembro (cm).





## 2.7. METODOLOGÍA DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

La determinación de la absorción del agua en un bloque de concreto consiste en someter las unidades a inmersión en una piscina para obtener su saturación y luego someterlas a un horno para su secado, registrando las variaciones de su masa durante los ensayos establecidos (Herrera, 2013).

Este ensayo esta sujeto a la Norma NTE INEN 3066 (2016).

### ► Equipos y materiales.

- Balanza.
- Malla metálica.
- Bloque.
- Piscina.
- Alambre de amarre.
- Perfiles de acero.
- Horno Eléctrico.
- Franela.



Figura 45.- Bloques de concreto sumergidos (Chiriboga & Quinteros, 2020).



El procedimiento se encuentra dividido en dos partes, la primera es trabajando con la saturación de las partículas por medio de un sumergido del espécimen en agua y el otro es la liberación de estas mismas partículas por medio del secado.

### 2.7.1. Procedimiento del ensayo.

#### 2.7.1.1. Saturación.

Se procede a sumergir los bloques de concreto en una piscina con una temperatura entre los 16 °C y 27 °C, la piscina en este ensayo tuvo una temperatura de 18,2 °C. Los bloques deben estar completamente sumergidos, para lo cual se utiliza un alambre galvanizado para atarlos a unos perfiles metálicos colocados de filo a filo de la piscina, permaneciendo ahí por un tiempo de 24 horas. Durante este proceso es posible determinar y registrar la masa sumergida de los bloques de concreto por medio del principio de Arquímedes (masa de la muestra sumergida).

Transcurridas las 24 horas, se retiran los bloques de concreto del agua y se les deja escurrir por un tiempo de 60 segundos  $\pm$  5 segundos sobre una malla metálica, retirando el exceso de agua con un paño, se determina su masa y se registra este valor. Se repite este procedimiento cada 24 horas hasta que la diferencia entre dos masas sumergidas consecutivamente sea

inferior al 0,2% (masa de la muestra saturada).

#### 2.7.1.2. Secado.

Una vez obtenidos los valores de masa saturada, se procede a secar los bloques de concreto en el horno a una temperatura entre los 100 °C y 115 °C. Se pesan cada 24 horas los especímenes hasta que la diferencia de las masas de dos pesadas consecutivas sea inferior al 0,2% (masa de la muestra seca al horno).

### 2.7.2. Cálculos para la obtención de absorción, contenido de humedad y densidad.

#### 2.7.2.1. Absorción.

La absorción se determina de la siguiente manera:

$$\text{Absorción, (\%)} = \frac{M_s - M_d}{M_d} \times 100$$

Donde:

$M_s$ = Masa de la unidad saturada(kg).

$M_d$ = Masa de la unidad seca al horno (kg).

#### 2.7.2.2. Contenido de Humedad.

El contenido de humedad se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de Humedad, (\%)} = \frac{M_r - M_d}{M_s - M_d} \times 100$$

Donde:

$M_d$ = Masa de la unidad tal como se recibe (kg).

$M_d$ = Masa de la unidad seca al horno (kg).

$M_s$ = Masa de la unidad saturada(kg).

#### 2.7.2.3. Densidad.

La densidad se determina de la siguiente forma:

$$\text{Densidad (D), (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_d}{M_s - M_i} \times 1000$$

Donde:

$M_d$ = Masa de la unidad tal como se recibe (kg).

$M_s$ = Masa de la unidad saturada (kg).

$M_i$ = Masa de la unidad sumergida (kg).





Figura 46.- Proceso del ensayo de absorción en los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 47.- Proceso del ensayo de humedad en los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros, 2020).



## 2.8. FASE EXPERIMENTAL

### 2.8.1. JUSTIFICACIÓN.

Ha sido posible encontrar nuevas alternativas para los Neumáticos fuera de uso (NFU) logrando disminuir el impacto causado hacia el medio ambiente y de manera un poco indirecta, y no menos importante, la calidad de vida de los habitantes.

Esta investigación se centra en mejorar un elemento usado muy comúnmente en la construcción. En definitiva, lo que se busca es un material más liviano y resistente, en esta ocasión es la fabricación de bloques de concreto con gránulos de caucho con fibras de acero.

En base a valores dados por la Fábrica, se logró determinar que el bloque de dimensiones (14 x 19 x 39) es el más elaborado y solicitado por los clientes, razón por la cual se utiliza el mismo proceso para los bloques propuestos.

La investigación, involucra reemplazar los gránulos de caucho con fibras de acero de manera porcentual a la masa de los agregados del bloque, es decir, se fabrican dos clases de bloques: uno con reemplazo porcentual al agregado grueso y otro con reemplazo porcentual al agregado fino. Para lo cual se ha decidido no reemplazar en más de un cuarto al peso del agregado, utilizando los porcentajes del 25%, 15%, 5%.



Figura 48.- Bloques de concreto recién elaborados saliendo de la máquina (Chiriboga & Quinteros, 2020).



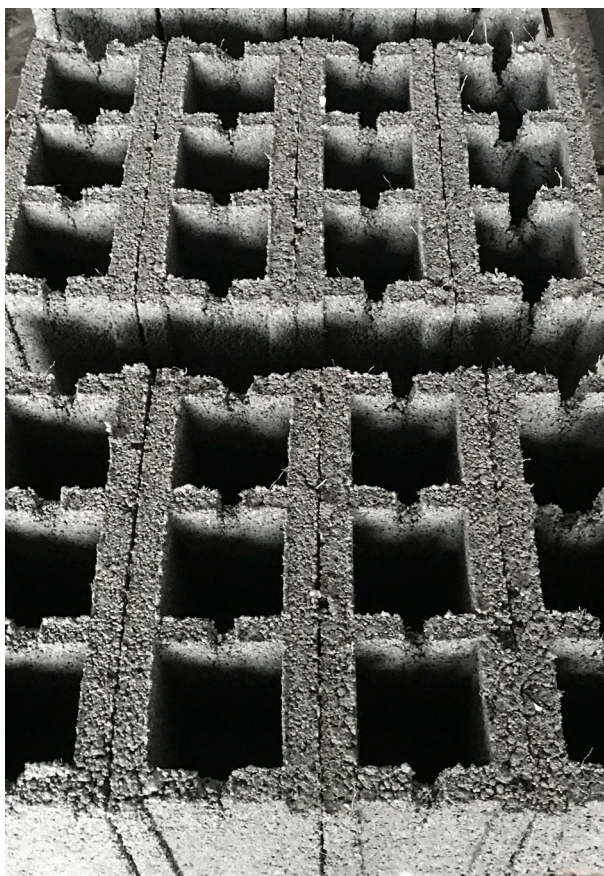


Figura 49.- Bloques de concreto con la incorporación de gránulos de caucho con fibras de acero (Chiriboga & Quinteros 2020).

## 2.8.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO CON LA INCLUSIÓN DE GRÁNULOS DE CAUCHO CON FIBRAS DE ACERO.

### ► Equipos y Materiales.

- Mezcladora artesanal.
- Carretilla.
- Pala.
- Balde (10 litros).
- Cemento 50 kg.
- Agregado Fino (Arena).
- Agregado Grueso (Chasqui).
- Puzolana.
- Agua.
- Máquina de bloques artesanal.
- Banda Eléctrica (Transportar la mezcla hacia los moldes).
- Molde (Bloque 14 cm).
- Transportador manual de tarima (Trasladar bloques elaborados).
- Bloques elaborados.

### ► Proceso

Para elaborar los bloques de concreto con inclusión de los gránulos de caucho con fibras de acero, se aplica el mismo proceso utilizado por la fábrica, con la única diferencia que se incorpora la nueva materia prima. La cual que ha sido pesada de acuerdo al porcentaje de agregado a reemplazar.

Para iniciar, se pesan los materiales de acuerdo a la dosificación del tipo de bloque a fabricar, para luego seguir el mismo proceso de mezclado usado por la fábrica, agregando el nuevo material, después de la colocación de todos los agregados y antes del agua.

Una vez realizada la mezcla, esta procede a transportarse desde la tolva hasta el recipiente contenedor por medio de la banda eléctrica. Todo el proceso de fabricación en el molde es el empleado por la fábrica.

El curado en los bloques con agregado de caucho es distinto al usado por la fábrica, debido a que los bloques no retienen por mucho tiempo la humedad, pues son más porosos, por lo que es necesario regarlos de 5 a 6 veces durante el día.





Figura 50.- Proceso de elaboración de los bloques de concreto con inclusión de gránulos de caucho con fibras de acero (Chiriboga & Quinteros, 2020).

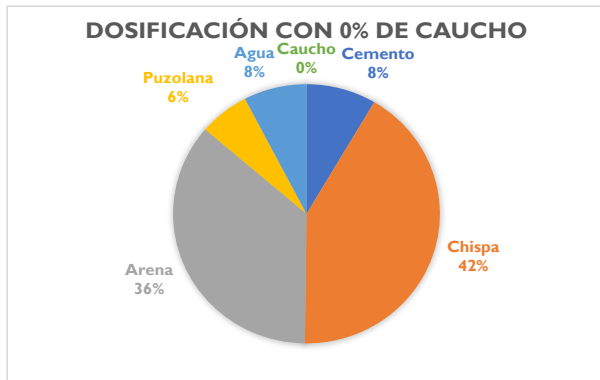


Figura 51.- Diagrama de la dosificación con el 0% de caucho en reemplazo del agregado grueso. (Chiriboga & Quinteros, 2020).

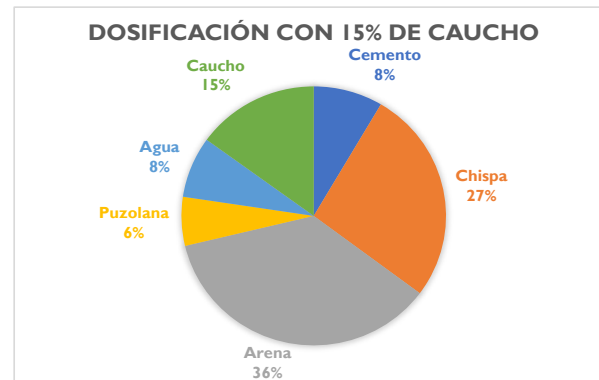


Figura 53.- Diagrama de la dosificación con el 15% de caucho en reemplazo del agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).

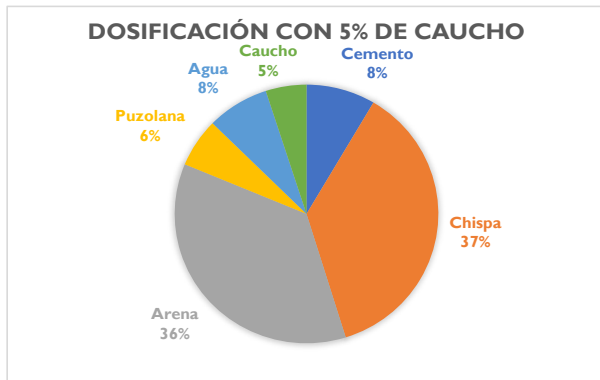


Figura 52.- Diagrama de la dosificación con el 5% de caucho en reemplazo del agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).

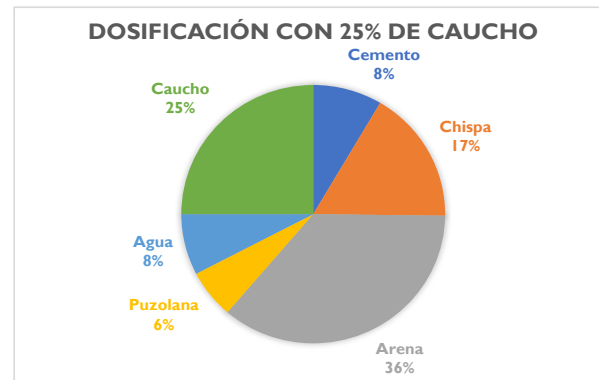


Figura 54.- Diagrama de la dosificación con el 25% de caucho en reemplazo del agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).

## 2.8.3. BLOQUES DE CONCRETO CON REEMPLAZO EN EL AGREGADO GRUESO.

### 2.8.3.1. Dosificación.

La dosificación que se utiliza en esta clase de bloques, se la realiza en reemplazo del chasqui y porcentual al peso del mismo, es decir, que por 1 kilogramo retirado de chasqui, se agrega 1 kilogramo de gránulos de caucho con fibras de acero. La tabla que se muestra a continuación, enseña la relación de la dosificación usada por la fábrica en reemplazo de los porcentajes que se van a realizar en este proceso, como son del 5%, 15% y 25%.

MATERIALES	BLOQUE NORMAL	BLOQUES CON CAUCHO EN REEMPLAZO DEL AGREGADO GRUESO		
		5%	15%	25%
Caucho	0%	5%	15%	25%
Cemento	8,48%	8,48%	8,48%	8,48%
Chispa	41,71%	36,71%	26,71%	16,71%
Arena	36,08%	36,08%	36,08%	36,08%
Puzolana	6,10%	6,10%	6,10%	6,10%
Agua	7,63%	7,63%	7,63%	7,63%

Tabla 17.- Dosificaciones de los bloques con un reemplazo del agregado grueso del 5%, 15% y 25% de caucho con fibras de acero (Chiriboga & Quinteros, 2020).



### 2.8.3.2. Ensayo a compresión simple y análisis de resultados.

Se lleva a cabo el ensayo en base a la metodología planteada, realizando este proceso a los 7 y 28 días después de la elaboración de los bloques.

Durante los ensayos a compresión simple, se observa que los bloques con agregado de caucho se comportan distinto en comparación con el bloque estándar, es decir, que los bloques al llegar a su carga máxima de rotura no se desprenden en pedazos, si no que mantienen su forma, presentando solo ciertas fisuras.

Los valores de resistencia a la compresión simple que presentan estos nuevos bloques, no logran mejorar en comparación con los valores obtenidos en el bloque estándar.

Los resultados mostrados en la figura 66 corresponden a los ensayos de compresión simple realizados en los bloques a los 28 días. Se puede observar que los tipos que contienen mayor porcentaje de caucho (25% -15%) muestran en su gráfica una mayor plasticidad y ductilidad.

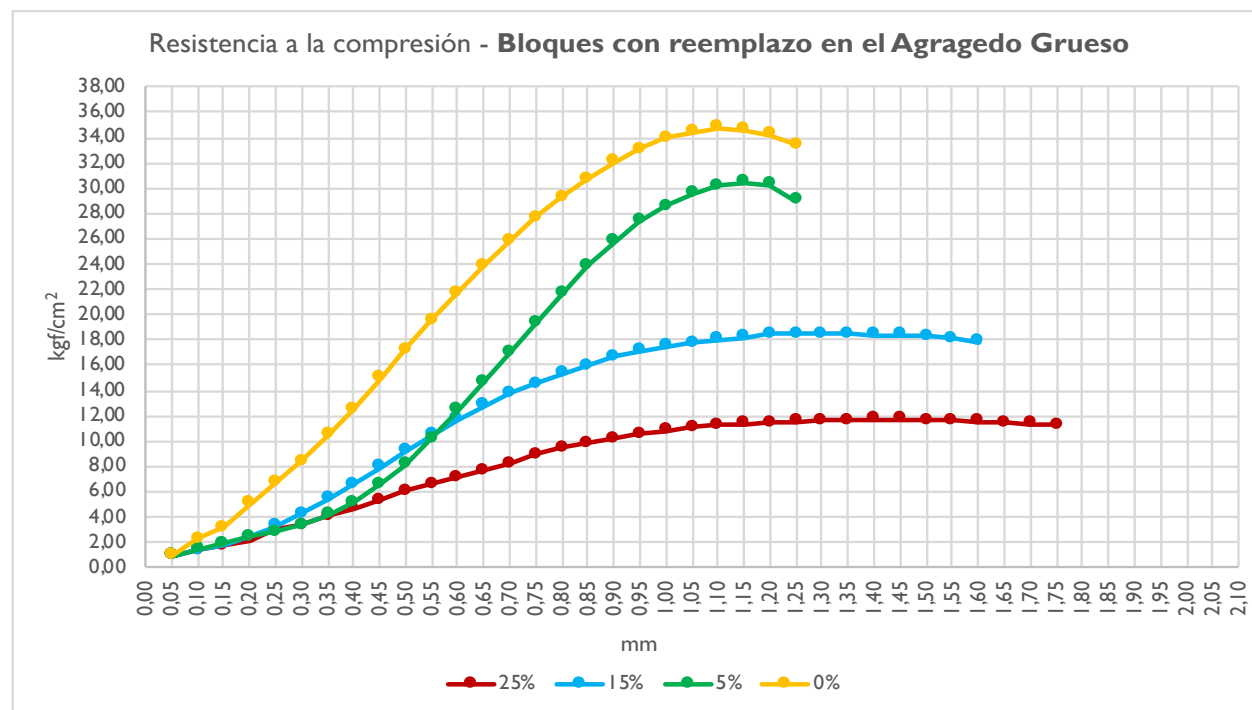


Figura 55.- Gráfica comparativa esfuerzo-deformación de los especímenes con un 5, 15 y 25% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).



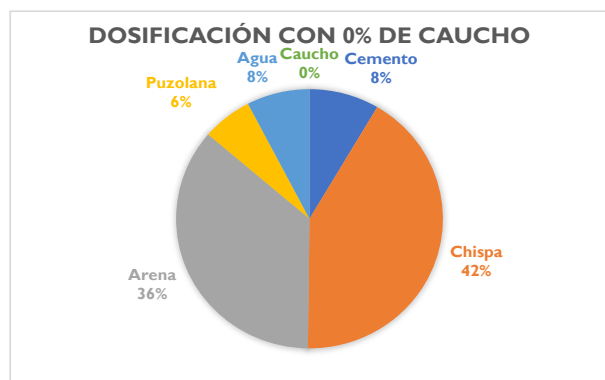


Figura 51.- Diagrama de la dosificación con el 0% de caucho en reemplazo del agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

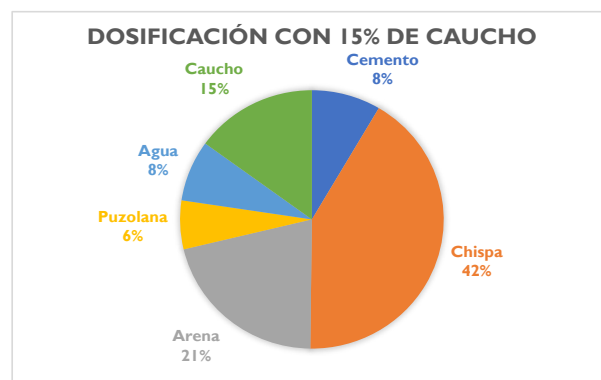


Figura 57.- Diagrama de la dosificación con el 15% de caucho en reemplazo del agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

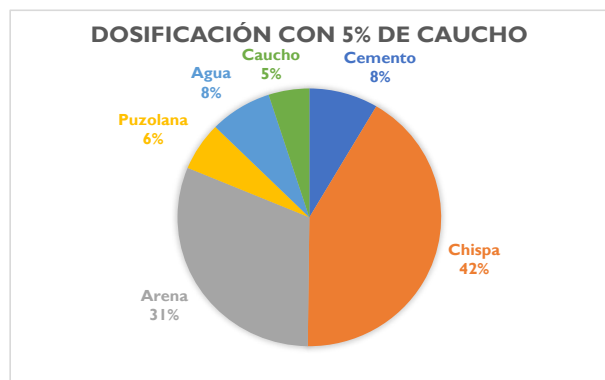


Figura 56.- Diagrama de la dosificación con el 5% de caucho en reemplazo del agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

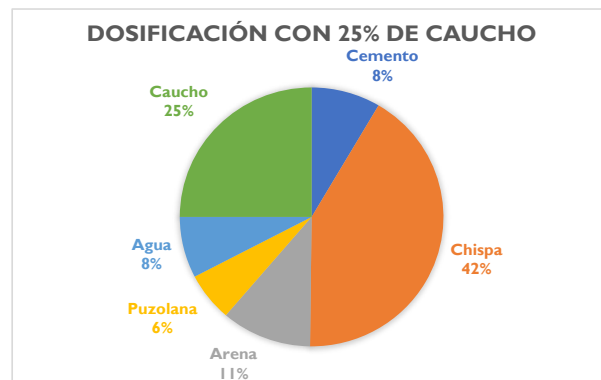


Figura 58.- Diagrama de la dosificación con el 25% de caucho en reemplazo del agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

## 2.8.4. BLOQUES DE CONCRETO CON REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO.

### 2.8.4.1. Dosificación

La dosificación que se utiliza en esta clase de bloques se la realiza en reemplazo de la arena y porcentual al peso de la misma, es decir, que por 1 kilogramo retirado de arena se agrega 1 kilogramo de gránulos de caucho con fibras de acero. La tabla que se muestra a continuación, enseña la relación de la dosificación usada por la fábrica en reemplazo de los porcentajes que se van a realizar en este proceso, como son del 5%, 15% y 25%.

MATERIALES	BLOQUE NORMAL	BLOQUES CON CAUCHO EN REEMPLAZO DEL AGREGADO FINO			
		0%	5%	15%	25%
Caucho	0%				
Cemento	8,48%	8,48%	8,48%	8,48%	8,48%
Chispa	41,71%	41,71%	41,71%	41,71%	41,71%
Arena	36,08%	31,08%	21,08%	11,08%	
Puzolana	6,10%	6,10%	6,10%	6,10%	6,10%
Agua	7,63%	7,63%	7,63%	7,63%	7,63%

Tabla 18.- Dosificaciones de los bloques con un reemplazo del agregado fino del 5%, 15% y 25% de caucho con fibras de acero (Chiriboga & Quinteros, 2020).



#### 2.8.4.2. Ensayo a compresión y análisis de resultados.

Se lleva a cabo el ensayo en base a la metodología planteada, realizando este proceso a los 7 y 28 días después de la elaboración de los bloques.

Los valores de resistencia a la compresión simple que presentan estos nuevos bloques en comparación con el estándar, son favorables en uno de sus porcentajes. El bloque que tiene el 5% de reemplazo en el agregado fino posee una mejor resistencia. También se puede agregar que estos especímenes poseen una mejor plasticidad y ductilidad.

Los resultados mostrados en la figura 71 enseñan los valores a la compresión simple de los bloques a los 28 días. Al notar que hay un mejoramiento en el reemplazo del nuevo material por este agregado, se decide fabricar 3 tipos más en reemplazo del agregado fino, buscando analizar de una manera más detallada el comportamiento de estos bloques.

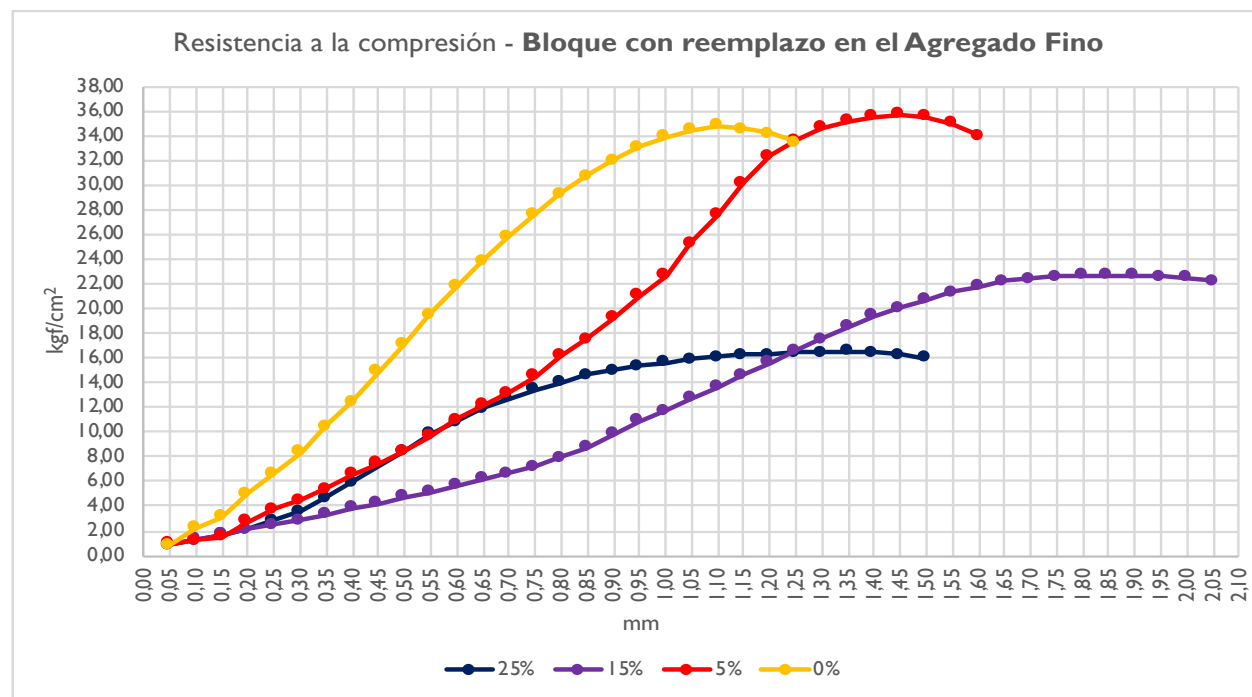


Figura 59.- Gráfica comparativa esfuerzo-deformación de los especímenes con un 5, 15 y 25% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

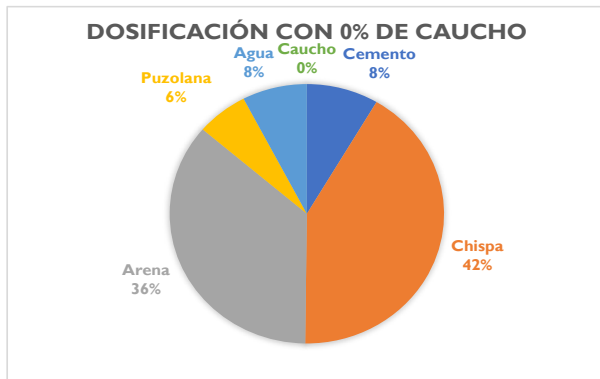


Figura 51.- Diagrama de la dosificación con el 0% de caucho en reemplazo del agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

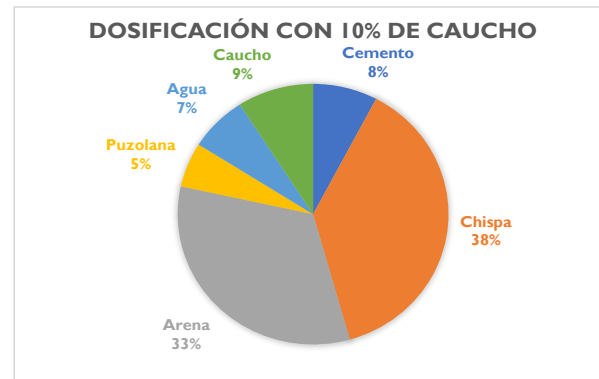


Figura 61.- Diagrama de la dosificación con el 10% de caucho en reemplazo del agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

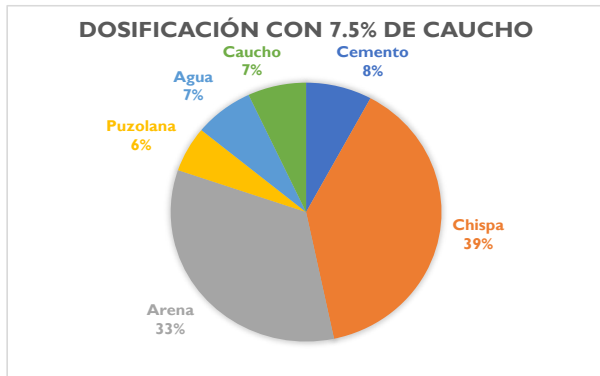


Figura 60.- Diagrama de la dosificación con el 7,5% de caucho en reemplazo del agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

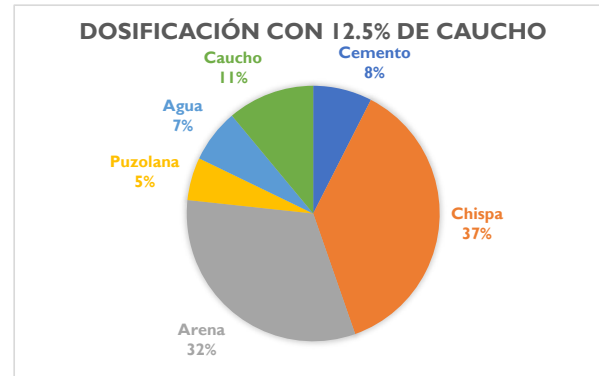


Figura 62.- Diagrama de la dosificación con el 12,5% de caucho en reemplazo del agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

### 2.8.4.3. Bloques de concreto con reemplazo en el agregado fino - nuevas dosificaciones de prueba.

#### ► Dosificación

La dosificación que se utiliza en esta clase de bloques se la realiza en reemplazo de la arena y porcentual al peso de la misma. La tabla que se muestra a continuación, enseña la relación de la dosificación usada por la fábrica en reemplazo de los porcentajes que se van a realizar en este proceso, como son del 7,5%, 10% y 12,5%.

MATERIALES	BLOQUE NORMAL	BLOQUES CON CAUCHO EN REEMPLAZO DEL AGREGADO FINO			
		7,5%	10%	12,5%	
Caucho	0%	7,5%	10%	12,5%	
Cemento	8,48%	8,48%	8,48%	8,48%	
Chispa	41,71%	41,71%	41,71%	41,71%	
Arena	36,08%	28,58%	26,08%	23,58%	
Puzolana	6,10%	6,10%	6,10%	6,10%	
Agua	7,63%	7,63%	7,63%	7,63%	

Tabla 19.- Dosificaciones de los bloques con un reemplazo del agregado fino del 7,5%, 10% y 12,5% de caucho con fibras de acero (Chiriboga & Quinteros, 2020).



► **Ensayo a compresión y análisis de resultados.**

Se lleva a cabo el ensayo en base a la metodología planteada, realizando este proceso a los 7 y 28 días después de la elaboración de los bloques.

Los valores de resistencia a la compresión simple que presentan estos nuevos bloques en comparación con el estándar, no son favorables. Afirmando que solo con la sustitución del 5% de reemplazo en el agregado fino, se logra tener una mejora significativa.

En la figura 75, se pueden conocer los resultados de los valores a la compresión simple de los bloques a los 28 días.

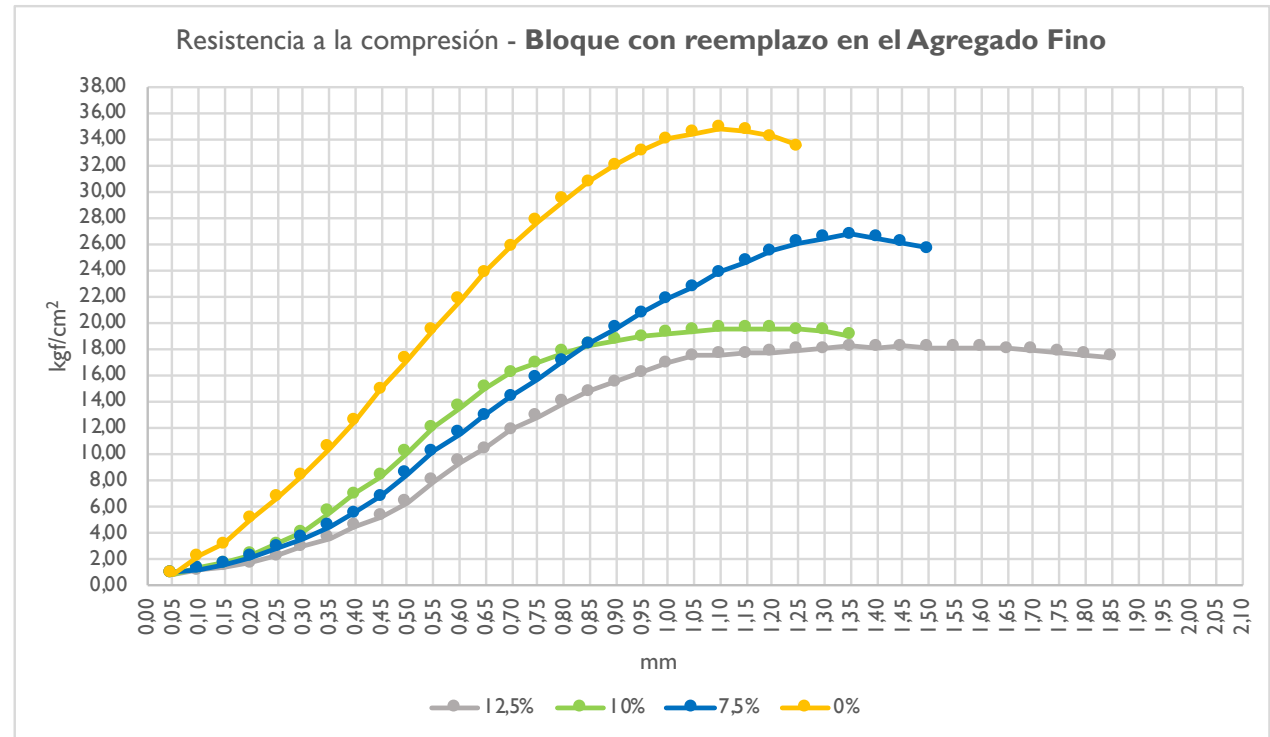


Figura 63.- Gráfica comparativa esfuerzo-deformación de los especímenes con un 7.5, 10 y 12.5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

# 3

CAPÍTULO



# MARCO TEÓRICO



### 3.1. COMPARACIÓN DE LAS GRÁFICAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN

Las propiedades mecánicas están analizadas en base a gráficas de esfuerzo - deformación obtenidas a través de ensayos a compresión simple a los 7 y 28 días de edad. Estos ensayos se realizaron en el laboratorio de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca con la ayuda de una prensa hidráulica.

Una vez realizados los ensayos respectivos, se analizó al mejor espécimen de cada tipo de bloque fabricado, es decir, el espécimen que soportó una mayor carga en los ensayos a compresión simple. Los valores obtenidos serán analizados y comparados individualmente con el bloque estándar.

El análisis de las gráficas tendrá el apoyo de una tabla tipo. Esta tabla contiene información sobre dimensiones, áreas, volúmenes, cargas máximas, resistencia a la compresión simple en relación al área bruta y área neta, y por último, los valores de las propiedades mecánicas, estos valores son obtenidos en los especímenes a los 7 y 28 días de edad.



Figura 64.- Análisis y graficación de resultados (Chiriboga & Quinteros, 2020).





Figura 65.- Proceso de rotura. Parte superior: Bloque estándar. Parte inferior: Bloque de concreto con la inclusión de gránulos de caucho con fibras de acero (Chiriboga & Quinteros, 2020).

### 3.1.1. Comparación del bloque estándar con el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado grueso.

Se puede observar que el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado grueso (tipo I) tiene un peso de 8,57kgf a los 28 días, mientras que el bloque estándar tiene un peso de 9,74kgf. Esta diferencia se da debido a que el bloque estándar es menos poroso (ver figura 66 y 67).

En las figuras 68 y 69, se señala que el bloque estándar a los 28 días soporta una carga máxima de 7.957kgf y alcanza una plasticidad de 718,77kgf/cm<sup>2</sup>, que al compararlo con el bloque tipo I, se observa que este soporta una carga menor, con un valor de carga máxima de 2.682,90kgf y una plasticidad de 117,99kgf/cm<sup>2</sup>.

Por último, se obtiene que el bloque estándar soporta una mayor carga en su región elástica, con un valor de módulo elástico de 484,36kgf/cm<sup>2</sup> y una relación de ductilidad de 1,32; mientras que el bloque tipo I posee un valor de módulo elástico de 193,58kgf/cm<sup>2</sup> y una relación de ductilidad de 2,19.

En la tabla 20, se observan los resultados obtenidos de estos dos especímenes a los 7 y 28 días de edad.



Figura 66.- Espécimen del bloque de concreto estándar (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 67.- Espécimen del bloque de concreto con un 25% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).

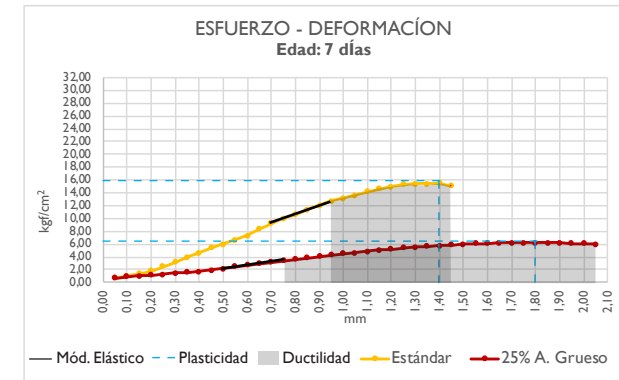


Figura 68.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).

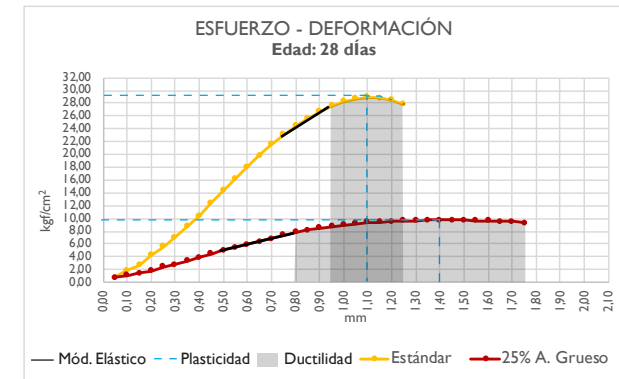


Figura 69.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).





TABLA COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS RESULTANTES ENTRE ESPECÍMENES																				
ESPÉCMEN:	Bloque Estándar										Bloque con reemplazo del 25% en el Agregado Grueso									
EDAD (días)	7					28					7					28				
DIMENSIONES (cm)	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique
	20,03	39,05	14,05	2,60	2,28	20,25	39,08	14,03	2,50	2,20	19,55	39,00	14,00	2,50	2,25	19,71	39,10	14,13	2,50	2,20
ÁREA (cm²) VOLUMEN (cm³)	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen
	530,95		283,60		6173,70	529,98		274,80		6074,96	528,00		276,00		5899,80	534,04		275,80		5953,18
PESO (kgf)	10,98					9,74					9,03					8,57				
CARGA MÁXIMA (kgf)	4405,00					7957,00					1720,1					2682,90				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	Relación al área bruta			0,81		Relación al área bruta			1,47		Relación al área bruta			0,32		Relación al área bruta			0,49	
	Relación al área neta			1,52		Relación al área neta			2,84		Relación al área neta			0,61		Relación al área neta			0,95	
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm²)	267,73					484,36					76,5					193,58				
PLASTICIDAD (kgf/cm²)	120,02					718,77					50,28					117,99				
DUCTILIDAD	1,53					1,32					2,73					2,19				
ESPÉCIMEN OBTENIDO DE LOS ANEXOS	Anexo A1, Anexo A2, Anexo A3, Anexo A4, Anexo A5, Anexo A6										Anexo A7, Anexo A8, Anexo A9, Anexo A10, Anexo A11, Anexo A12									

Tabla 20.- Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).

### 3.1.2. Comparación del bloque estándar con el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado grueso.

Se puede observar que el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado grueso (tipo 2) tiene un peso de 9,06kgf a los 28 días, mientras que el bloque estándar tiene un peso de 9,74kgf. Esta diferencia se da debido a que el bloque estándar es menos poroso (ver figura 66 y 70).

En las figuras 71 y 72, se señala que el bloque estándar a los 28 días soporta una carga máxima de 7.957kgf y alcanza una plasticidad de 718,77kgf/cm<sup>2</sup>, que al compararlo con el bloque tipo 2 se observa que este soporta una carga menor, con un valor de carga máxima de 4.282kgf y una plasticidad de 71,18kgf/cm<sup>2</sup>.

Por último, se obtiene que el bloque estándar soporta una mayor carga en su región elástica, con un valor de módulo elástico de 484,36kgf/cm<sup>2</sup> y una relación de ductilidad de 1,32; mientras que el bloque tipo 2 posee un valor de módulo elástico de 300,81kgf/cm<sup>2</sup> y una relación ductilidad de 1,78.

En la tabla 21, se observan los resultados obtenidos de estos dos especímenes a los 7 y 28 días de edad.



Figura 66.- Espécimen del bloque de concreto estándar (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 70.- Espécimen del bloque de concreto con un 15% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).

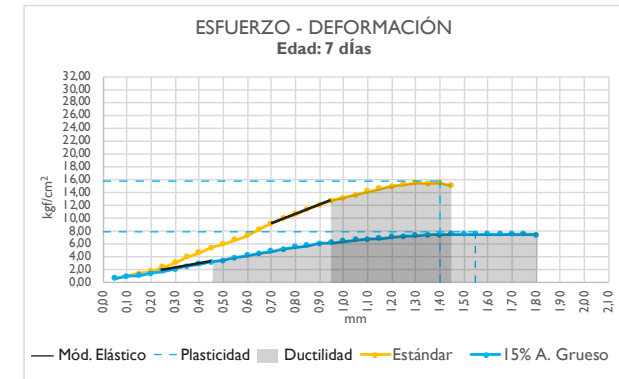


Figura 71.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).

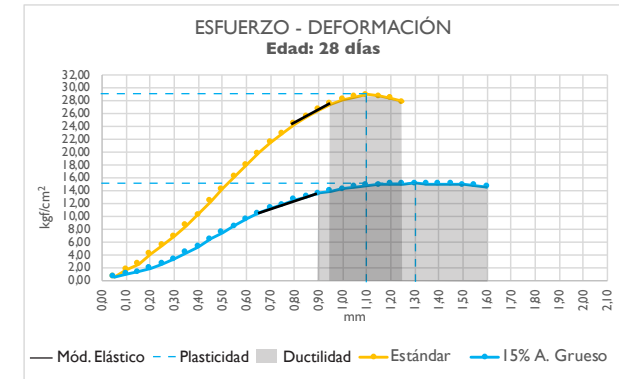


Figura 72.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).



TABLA COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS RESULTANTES ENTRE ESPECÍMENES																				
ESPÉCMEN:	Bloque Estándar										Bloque con reemplazo del 15% en el Agregado Grueso									
EDAD (días)	7					28					7					28				
DIMENSIONES (cm)	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique
	20,03	39,05	14,05	2,60	2,28	20,25	39,08	14,03	2,50	2,20	19,78	38,95	14,03	2,50	2,25	19,75	39,20	14,05	2,55	2,28
ÁREA (cm²) VOLUMEN (cm³)	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen
	530,95		283,60		6173,70	529,98		274,80		6074,96	528,22		275,98		5961,90	534,97		278,77		6108,61
PESO (kgf)	10,98					9,74					9,82					9,06				
CARGA MÁXIMA (kgf)	4405,00					7957,00					2091,00					4282,00				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	Relación al área bruta			0,81		Relación al área bruta			1,47		Relación al área bruta			0,39		Relación al área bruta			0,78	
	Relación al área neta			1,52		Relación al área neta			2,84		Relación al área neta			0,74		Relación al área neta			1,51	
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm²)	267,73					484,36					139,78					300,81				
PLASTICIDAD (kgf/cm²)	120,02					718,77					57,03					71,18				
DUCTILIDAD	1,53					1,32					2,92					1,78				
ESPÉCIMEN OBTENIDO DE LOS ANEXOS	Anexo A1, Anexo A2, Anexo A3, Anexo A4, Anexo A5, Anexo A6										Anexo A13, Anexo A14, Anexo A15, Anexo A16, Anexo A17, Anexo A18									

Tabla 21.- Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).



### 3.1.3. Comparación del bloque estándar con el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado grueso.

Se puede observar que el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado grueso (tipo 3) tiene un peso de 9,39kgf a los 28 días, mientras que el bloque estándar tiene un peso de 9,74kgf. Esta diferencia se da debido a que el bloque estándar es menos poroso (ver figura 66 y 73).

En las figuras 74 y 75, se señala que el bloque estándar a los 28 días soporta una carga máxima de 7.957kgf y alcanza una plasticidad de 718,77kgf/cm<sup>2</sup>, que al compararlo con el bloque tipo 3 se observa que este soporta una carga menor, con un valor de carga máxima de 7.013,70kgf y una plasticidad de 348,25kgf/cm<sup>2</sup>.

Por último, se obtiene que el bloque estándar soporta una mayor carga en su región elástica, con un valor de módulo elástico de 484,36kgf/cm<sup>2</sup> y una relación de ductilidad de 1,32; mientras que el bloque tipo 3 posee un valor de módulo elástico de 468,78kgf/cm<sup>2</sup> y una relación de ductilidad de 1,47.

En la tabla 22, se observan los resultados obtenidos de estos dos especímenes a los 7 y 28 días de edad.



Figura 66.- Espécimen del bloque de concreto estándar (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 73.- Espécimen del bloque de concreto con un 5% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).

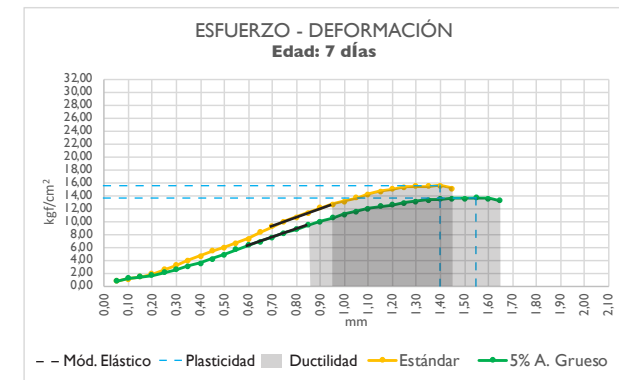


Figura 74.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).

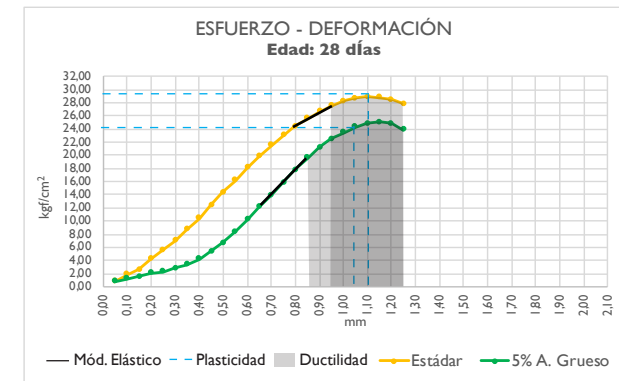


Figura 75.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).



TABLA COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS RESULTANTES ENTRE ESPÉCIMENES																				
ESPÉCMEN:	Bloque Estándar										Bloque con reemplazo del 5% en el Agregado Grueso									
EDAD (días)	7					28					7					28				
DIMENSIONES (cm)	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique
	20,03	39,05	14,05	2,60	2,28	20,25	39,08	14,03	2,50	2,20	19,50	38,90	14,03	2,55	2,23	19,50	39,10	14,08	2,55	2,28
ÁREA (cm²) VOLUMEN (cm³)	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen
	530,95		283,60		6173,70	529,98		274,80		6074,96	527,72		277,81		5917,14	532,38		280,20		5968,20
PESO (kgf)	10,98					9,74					10,26					9,39				
CARGA MÁXIMA (kgf)	4405,00					7957,00					3786,00					7013,70				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	Relación al área bruta			0,81		Relación al área bruta			1,47		Relación al área bruta			0,70		Relación al área bruta			1,29	
	Relación al área neta			1,52		Relación al área neta			2,84		Relación al área neta			1,34		Relación al área neta			2,45	
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm²)	267,73					484,36					219,84					468,78				
PLASTICIDAD (kgf/cm²)	120,02					718,77					114,85					348,25				
DUCTILIDAD	1,53					1,32					1,94					1,47				
ESPÉCIMEN OBTENIDO DE LOS ANEXOS	Anexo A1, Anexo A2, Anexo A3, Anexo A4, Anexo A5, Anexo A6										Anexo A19, Anexo A20, Anexo A21, Anexo A22, Anexo A23, Anexo A24									

Tabla 22.- Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado grueso (Chiriboga & Quinteros, 2020).

### 3.1.4. Comparación del bloque estándar con el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado fino.

Se puede observar que el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado fino (tipo 4) tiene un peso de 8,10kgf a los 28 días, mientras que el bloque estándar tiene un peso de 9,74kgf. Esta diferencia se da debido a que el bloque estándar es mucho menos poroso (ver figura 66 y 76).

En las figuras 77 y 78, se señala que el bloque estándar a los 28 días soporta una carga máxima de 7.957kgf y una plasticidad de 718,77kgf/cm<sup>2</sup>, que al compararlo con el bloque tipo 4 se observa que este soporta una carga menor, con un valor de 3.811kgf y una plasticidad de 93,02kgf/cm<sup>2</sup>.

Por último, se obtiene que el bloque estándar soporta una mayor carga en su región elástica, con un valor de módulo elástico de 484,36kgf/cm<sup>2</sup> y una relación de ductilidad de 1,32; mientras que el bloque tipo 4 posee un valor de módulo elástico de 296,79kgf/cm<sup>2</sup> y una relación de ductilidad de 2,14.

En la tabla 23, se observan los resultados obtenidos de estos dos especímenes a los 7 y 28 días de edad.



Figura 66.- Espécimen del bloque de concreto estándar (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 76.- Espécimen del bloque de concreto con un 25% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

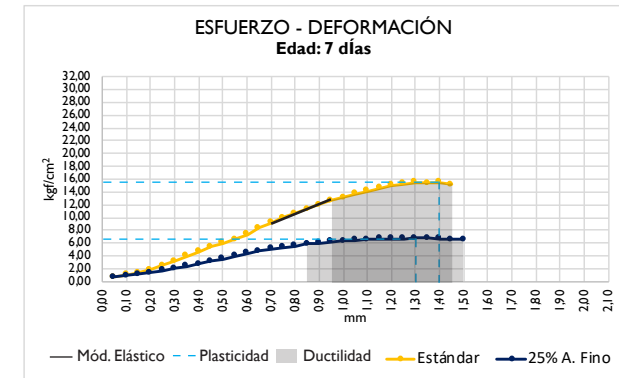


Figura 77.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

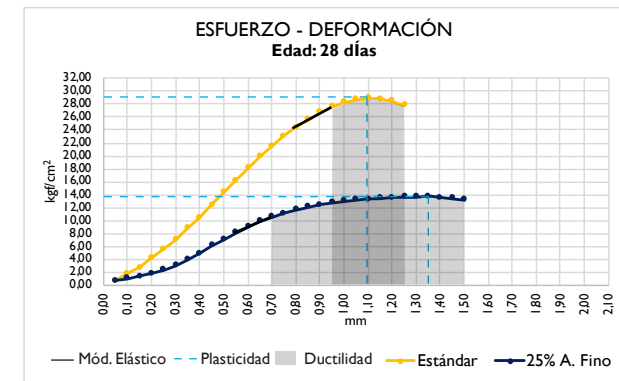


Figura 78.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).





TABLA COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS RESULTANTES ENTRE ESPECÍMENES																				
ESPÉCMEN:	Bloque Estándar										Bloque con reemplazo del 25% en el Agregado Fino									
EDAD (días)	7					28					7					28				
DIMENSIONES (cm)	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique
	20,03	39,05	14,05	2,60	2,28	20,25	39,08	14,03	2,50	2,20	19,93	39,00	14,13	2,55	2,28	19,65	39,20	14,05	2,50	2,28
ÁREA (cm²) VOLUMEN (cm³)	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen
	530,95		283,60		6173,70	529,98		274,80		6074,96	532,83		281,03		6103,07	530,55		277,61		5960,83
PESO (kgf)	10,98					9,74					9,07					8,10				
CARGA MÁXIMA (kgf)	4405,00					7957,00					1902,00					3811,00				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	Relación al área bruta			0,81		Relación al área bruta			1,47		Relación al área bruta			0,35		Relación al área bruta			0,70	
	Relación al área neta			1,52		Relación al área neta			2,84		Relación al área neta			0,66		Relación al área neta			1,35	
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm²)	267,73					484,36					145,54					296,79				
PLASTICIDAD (kgf/cm²)	120,02					718,77					65,86					93,02				
DUCTILIDAD	1,53					1,32					2,5					2,14				
ESPÉCIMEN OBTENIDO DE LOS ANEXOS	Anexo A1, Anexo A2, Anexo A3, Anexo A4, Anexo A5, Anexo A6										Anexo A25, Anexo A26, Anexo A27, Anexo A28, Anexo A29, Anexo A30									

Tabla 23.- Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

### 3.1.5. Comparación del bloque estándar con el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado fino.

Se puede observar que el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado fino (tipo 5) tiene un peso de 9,06kgf a los 28 días, mientras que el bloque estándar tiene un peso de 9,74kgf. Esta diferencia se da debido a que el bloque estándar es menos poroso (ver figura 66 y 79).

En las figuras 80 y 81, se señala que el bloque estándar a los 28 días soporta una carga máxima de 7.957kgf y una plasticidad de 718,77kgf/cm<sup>2</sup>, que al compararlo con el bloque tipo 5 se observa que este soporta una carga menor, con un valor de 4.501kgf y una plasticidad de 41,73kgf/cm<sup>2</sup>.

Por último, se obtiene que el bloque estándar soporta una mayor carga en su región elástica, con un valor de módulo elástico de 484,36kgf/cm<sup>2</sup> y una relación de ductilidad de 1,32; mientras que el bloque tipo 5 posee un valor de módulo elástico de 279,66kgf/cm<sup>2</sup> y una relación de ductilidad de 1,95.

En la tabla 24, se observan los resultados obtenidos de estos dos especímenes a los 7 y 28 días de edad.



Figura 66.- Espécimen del bloque de concreto estándar (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 79.- Espécimen del bloque de concreto con un 15% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

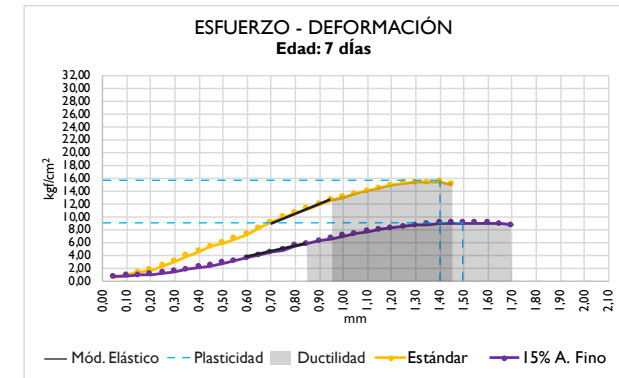


Figura 80.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

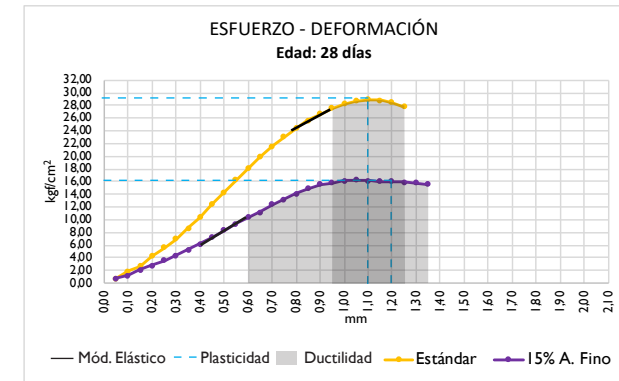


Figura 81.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).



TABLA COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS RESULTANTES ENTRE ESPECÍMENES																				
ESPÉCMEN:	Bloque Estándar										Bloque con reemplazo del 15% en el Agregado Fino									
EDAD (días)	7					28					7					28				
DIMENSIONES (cm)	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique
	20,03	39,05	14,05	2,60	2,28	20,25	39,08	14,03	2,50	2,20	19,63	38,95	13,98	2,60	2,30	19,58	39,05	14,00	2,50	2,20
ÁREA (cm²) VOLUMEN (cm³)	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen
	530,95		283,60		6173,70	529,98		274,80		6074,96	526,38		273,73		5877,24	528,70		274,45		5880,86
PESO (kgf)	10,98					9,74					9,41					9,50				
CARGA MÁXIMA (kgf)	4405,00					7957,00					2883,00					4647,00				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	Relación al área bruta			0,81		Relación al área bruta			1,47		Relación al área bruta			0,54		Relación al área bruta			0,86	
	Relación al área neta			1,52		Relación al área neta			2,84		Relación al área neta			1,03		Relación al área neta			1,66	
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm²)	267,73					484,36					143,28					384,08				
PLASTICIDAD (kgf/cm²)	120,02					718,77					92,2					163,17				
DUCTILIDAD	1,53					1,32					2,38					2,25				
ESPÉCIMEN OBTENIDO DE LOS ANEXOS	Anexo A1, Anexo A2, Anexo A3, Anexo A4, Anexo A5, Anexo A6										Anexo A37, Anexo A38, Anexo A39, Anexo A40, Anexo A41, Anexo A42									

Tabla 24.- Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 15% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).



### 3.1.6. Comparación del bloque estándar con el bloque con un 12,5% de reemplazo en el agregado fino.

Se puede observar que el bloque con un 12,5% de reemplazo en el agregado fino (tipo 6) tiene un peso de 9,50kgf a los 28 días, mientras que el bloque estándar tienen un peso de 9,74kgf. Esta diferencia se da debido a que el bloque estándar es menos poroso (ver figura 66 y 82).

En las figuras 83 y 84, se señala que el bloque estándar a los 28 días soporta una carga máxima de 7.957kgf y una plasticidad de 718,77kgf/cm<sup>2</sup>, que al compararlo con el bloque tipo 6 se observa que este soporta una carga menor, con un valor de 4.647kgf y una plasticidad de 160,54kgf/cm<sup>2</sup>.

Por último, se obtiene que el bloque estándar soporta una mayor carga en su región elástica, con un valor de módulo elástico de 484,36kgf/cm<sup>2</sup> y una relación de ductilidad del 1,79 mientras que el bloque tipo 6 posee un valor de 324,64kgf/cm<sup>2</sup> y una relación dúctil de 1,50.

En la tabla 25, se observan los resultados obtenidos de estos dos especímenes a los 7 y 28 días de edad.



Figura 66.- Espécimen del bloque de concreto estándar (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 82.- Espécimen del bloque de concreto con un 12,5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

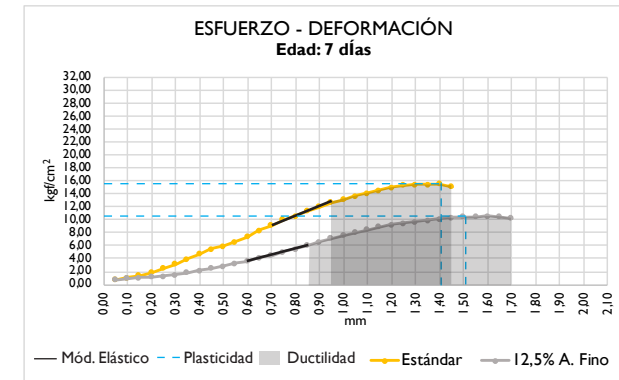


Figura 83.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 12,5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

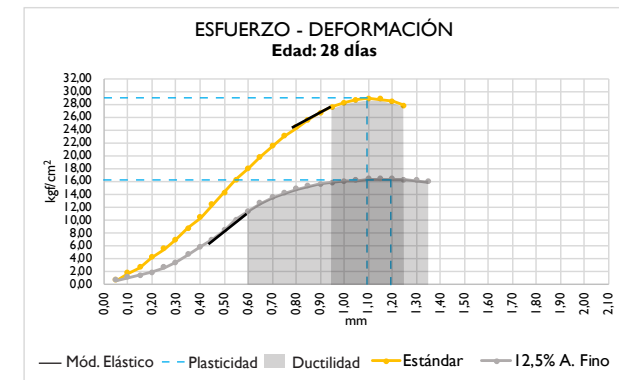


Figura 84.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 12,5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).



TABLA COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS RESULTANTES ENTRE ESPECÍMENES																				
ESPÉCMEN:	Bloque Estándar										Bloque con reemplazo del 12,5% en el Agregado Fino									
EDAD (días)	7					28					7					28				
DIMENSIONES (cm)	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique
	20,03	39,05	14,05	2,60	2,28	20,25	39,08	14,03	2,50	2,20	19,88	38,95	14,05	2,45	2,25	20,08	39,10	14,15	2,50	2,28
ÁREA (cm²) VOLUMEN (cm³)	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen
	530,95		283,60		6173,70	529,98		274,80		6074,96	532,83		280,13		5941,34	534,97		278,77		6108,61
PESO (kgf)	10,98					9,74					9,23					9,06				
CARGA MÁXIMA (kgf)	4405,00					7957,00					2506,00					4501,00				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	Relación al área bruta			0,81		Relación al área bruta			1,47		Relación al área bruta			0,46		Relación al área bruta			0,82	
	Relación al área neta			1,52		Relación al área neta			2,84		Relación al área neta			0,88		Relación al área neta			1,58	
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm²)	267,73					484,36					149,44					346,48				
PLASTICIDAD (kgf/cm²)	120,02					718,77					99,27					78,32				
DUCTILIDAD	1,53					1,32					1,79					1,5				
ESPÉCIMEN OBTENIDO DE LOS ANEXOS	Anexo A1, Anexo A2, Anexo A3, Anexo A4, Anexo A5, Anexo A6										Anexo A31, Anexo A32, Anexo A33, Anexo A34, Anexo A35, Anexo A36									

Tabla 25.- Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 12,5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

### 3.1.7. Comparación del bloque estándar con el bloque con un 10% de reemplazo en el agregado fino.

Se puede observar que el bloque con un 10% de reemplazo en el agregado fino (tipo 7) tiene un peso de 9,71kgf a los 28 días, mientras que el bloque estándar tiene un peso de 9,74kgf. La diferencia de pesos es similar pero su diferencia en porosidad es aún notoria (ver figura 66 y 85).

En las figuras 86 y 87, se señala que el bloque estándar a los 28 días soporta una carga máxima de 7.957kgf y una plasticidad de 718,77kgf/cm<sup>2</sup>, que al compararlo con el bloque tipo 7 se observa que este soporta una carga menor, con un valor de 5.374,10kgf y una plasticidad de 114,264kgf/cm<sup>2</sup>.

Por último, se obtiene que el bloque estándar soporta una mayor carga en su región elástica, con un valor de módulo elástico de 484,36kgf/cm<sup>2</sup> y una relación de ductilidad de 1,32; mientras que el bloque tipo 7 posee un valor de módulo elástico de 231,27kgf/cm<sup>2</sup> y una relación de ductilidad de 1,39.

En la tabla 26, se observan los resultados obtenidos de estos dos especímenes a los 7 y 28 días de edad.



Figura 66.- Espécimen del bloque de concreto estándar (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 85.- Espécimen del bloque de concreto con un 10% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

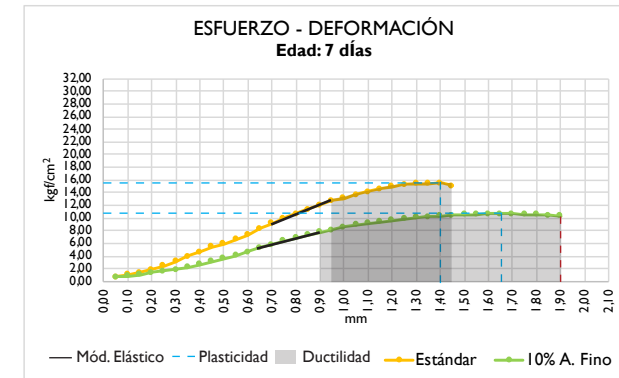


Figura 86.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 10% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

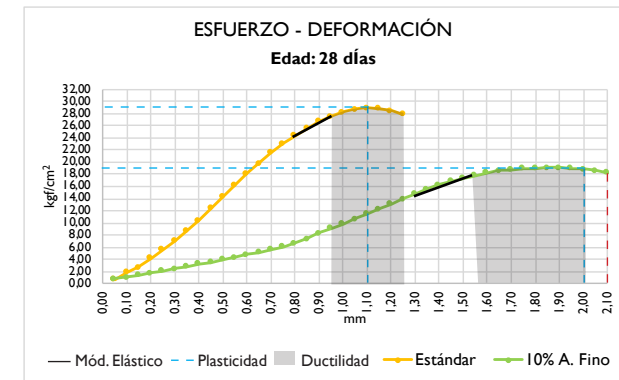


Figura 87.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 10% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).





TABLA COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS RESULTANTES ENTRE ESPECÍMENES																				
ESPÉCMEN:	Bloque Estándar										Bloque con reemplazo del 10% en el Agregado Fino									
EDAD (días)	7					28					7					28				
DIMENSIONES (cm)	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique
	20,03	39,05	14,05	2,60	2,28	20,25	39,08	14,03	2,50	2,20	20,05	39,00	14,05	2,60	2,25	19,88	39,10	14,05	2,55	2,30
ÁREA (cm²) VOLUMEN (cm³)	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen
	530,95		283,60		6173,70	529,98		274,80		6074,96	530,25		282,45		6158,72	531,46		281,75		6099,19
PESO (kgf)	10,98					9,74					10,08					9,71				
CARGA MÁXIMA (kgf)	4405,00					7957,00					3010,30					5374,10				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	Relación al área bruta			0,81		Relación al área bruta			1,47		Relación al área bruta			0,56		Relación al área bruta			0,99	
	Relación al área neta			1,52		Relación al área neta			2,84		Relación al área neta			1,04		Relación al área neta			1,87	
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm²)	267,73					484,36					173,55					231,27				
PLASTICIDAD (kgf/cm²)	120,02					718,77					73,21					114,26				
DUCTILIDAD	1,53					1,32					2,31					1,39				
ESPÉCIMEN OBTENIDO DE LOS ANEXOS	Anexo A1, Anexo A2, Anexo A3, Anexo A4, Anexo A5, Anexo A6										Anexo A43, Anexo A44, Anexo A45, Anexo A46, Anexo A47, Anexo A48									

Tabla 26.- Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 10% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

### 3.1.8. Comparación del bloque estándar con el bloque con un 7,5% de reemplazo en el agregado fino.

Se puede observar que el bloque con un 7,5% de reemplazo en el agregado fino (tipo 8) tiene un peso de 9,72kgf a los 28 días, mientras que el bloque estándar tiene un peso 9,74kgf. La diferencia de pesos es mínima pero su diferencia en porosidad es aún notoria (ver figura 66 y 88).

En las figuras 101 y 102, se señala que el bloque estándar a los 28 días soporta una carga máxima de 7.957kgf y una plasticidad de 718,77kgf/cm<sup>2</sup>, que al compararlo con el bloque tipo 8 se observa que soporta una carga no muy menor de 6.151,10kgf y una plasticidad de 216,13kgf/cm<sup>2</sup>.

Por último, se obtiene que el bloque estándar soporta una mayor carga en su región elástica, con un valor de módulo elástico de 484,36kgf/cm<sup>2</sup> y una relación de ductilidad de 1,32; mientras que el bloque tipo 8 posee un valor de 357,03kgf/cm<sup>2</sup> y una relación de ductilidad de 1,50.

En la tabla 27, se observan los resultados obtenidos de estos dos especímenes a los 7 y 28 días de edad.



Figura 66.- Espécimen del bloque de concreto estándar (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 88.- Espécimen del bloque de concreto con un 7,5% de reemplazo en el agregado fino. (Chiriboga & Quinteros, 2020).

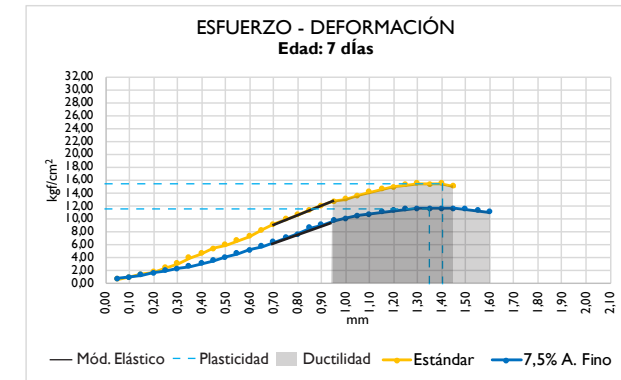


Figura 89.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 7,5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

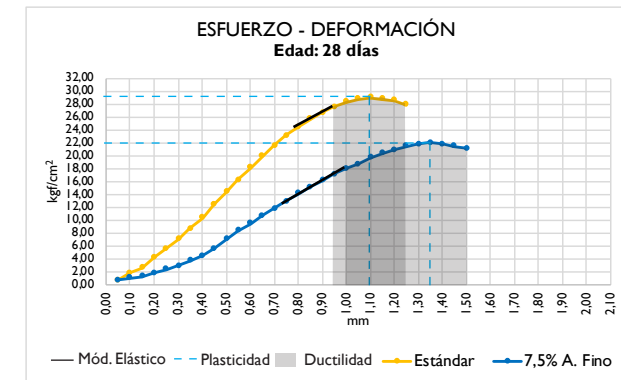


Figura 90.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 7,5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).



TABLA COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS RESULTANTES ENTRE ESPECÍMENES																				
ESPÉCMEN:	Bloque Estándar										Bloque con reemplazo del 7,5% en el Agregado Fino									
EDAD (días)	7					28					7					28				
DIMENSIONES (cm)	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique
	20,03	39,05	14,05	2,60	2,28	20,25	39,08	14,03	2,50	2,20	19,50	39,00	14,03	2,50	2,20	19,50	39,10	14,05	2,55	2,25
ÁREA (cm²) VOLUMEN (cm³)	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen
	530,95		283,60		6173,70	529,98		274,80		6074,96	528,93		274,42		5860,20	531,46		279,96		5962,21
PESO (kgf)	10,98					9,74					9,77					9,72				
CARGA MÁXIMA (kgf)	4405,00					7957,00					3202,00					6151,10				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	Relación al área bruta			0,81		Relación al área bruta			1,47		Relación al área bruta			0,59		Relación al área bruta			1,13	
	Relación al área neta			1,52		Relación al área neta			2,84		Relación al área neta			1,14		Relación al área neta			2,15	
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm²)	267,73					484,36					198,9					357,03				
PLASTICIDAD (kgf/cm²)	120,02					718,77					81,58					216,13				
DUCTILIDAD	1,53					1,32					1,6					1,50				
ESPÉCIMEN OBTENIDO DE LOS ANEXOS	Anexo A1, Anexo A2, Anexo A3, Anexo A4, Anexo A5, Anexo A6										Anexo A49, Anexo A50, Anexo A51, Anexo A52, Anexo A53, Anexo A54									

Tabla 27.- Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 7,5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).



### 3.1.9. Comparación del bloque estándar con el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado fino.

Se puede observar que el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado fino (tipo 9) tiene un peso de 9,95kgf a los 28 días, mientras que el bloque estándar tiene un peso de 9,74kgf. La diferencia de pesos es mínima al igual que su porosidad (ver figura 66 y 91).

En las figuras 92 y 93, se señala que el bloque estándar a los 28 días soporta una carga máxima de 7.957kgf y una plasticidad de 718,77kgf/cm<sup>2</sup>, que al compararlo con el bloque tipo 9 se observa que este soporta una carga mayor, con un valor de 8.230,60kgf y una plasticidad de 283,48kgf/cm<sup>2</sup>.

Por último, se obtiene que el bloque estándar soporta un mayor carga en su región elástica, con un valor de módulo elástico de 484,36kgf/cm<sup>2</sup>, y una relación de ductilidad de 1,32; mientras que el bloque tipo 9 posee un valor de modulo elástico de 434,5kgf/cm<sup>2</sup> y una relación de ductilidad de 1,39.

En la tabla 28, se observan los resultados obtenidos de estos dos especímenes a los 7 y 28 días de edad.



Figura 66.- Espécimen del bloque de concreto estándar (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 91.- Espécimen del bloque de concreto con un 5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

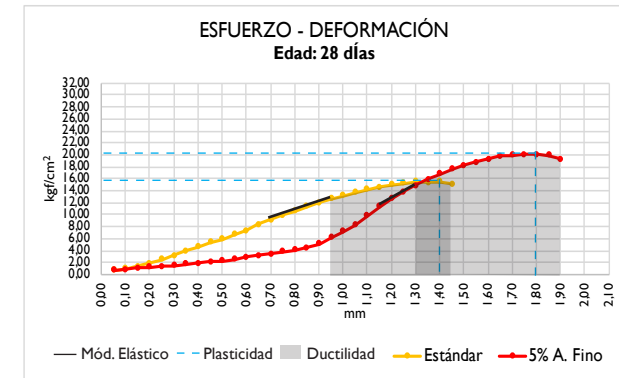


Figura 92.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 7 días entre el bloque estándar y el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).

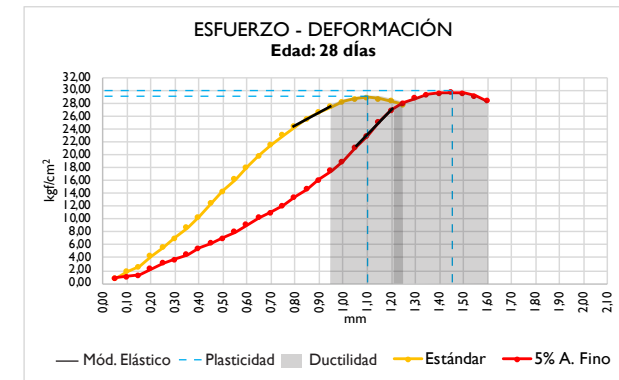


Figura 93.- Gráfica comparativa esfuerzo - deformación a los 28 días entre el bloque estándar y el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020).



TABLA COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS RESULTANTES ENTRE ESPÉCIMENES																				
ESPÉCMEN:	Bloque Estándar										Bloque con reemplazo del 5% en el Agregado Fino									
EDAD (días)	7					28					7					28				
DIMENSIONES (cm)	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique	Alto	Largo	Ancho	Espesor Cara	Espesor Tabique
	20,03	39,05	14,05	2,60	2,28	20,25	39,08	14,03	2,50	2,20	19,50	38,90	13,95	2,45	2,23	19,50	39,10	14,10	2,45	2,30
ÁREA (cm²) VOLUMEN (cm³)	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen	Área Bruta		Área Neta		Volumen
	530,95		283,60		6173,70	529,98		274,80		6074,96	524,56		271,15		5794,13	532,91		276,23		5899,85
PESO (kgf)	10,98					9,74					10,33					9,95				
CARGA MÁXIMA (kgf)	4405,00					7957,00					5445,80					8230,60				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	Relación al área bruta			0,81		Relación al área bruta			1,47		Relación al área bruta			1,02		Relación al área bruta			1,51	
	Relación al área neta			1,52		Relación al área neta			2,84		Relación al área neta			1,97		Relación al área neta			2,92	
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm²)	267,73					484,36					232,69					587,86				
PLASTICIDAD (kgf/cm²)	120,02					718,77					196,75					283,48				
DUCTILIDAD	1,53					1,32					1,46					1,39				
ESPÉCIMEN OBTENIDO DE LOS ANEXOS	Anexo A1, Anexo A2, Anexo A3, Anexo A4, Anexo A5, Anexo A6										Anexo A55, Anexo A56, Anexo A57, Anexo A58, Anexo A59, Anexo A60									

Tabla 28.- Tabla comparativa de los resultados entre el bloque estándar y el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado fino (Chiriboga & Quinteros, 2020)

### 3.1.10. Análisis de los resultados obtenidos de la comparación de las gráficas esfuerzo - deformación.

En las comparaciones realizadas se puede observar que el bloque estándar posee una mejor resistencia a la compresión simple con un valor de carga máxima de 7.957kgf a los 28 días, a excepción del bloque con un 5% de agregado de caucho con fibras de acero, el cual posee una carga máxima de 8.230,60kgf. Además, el bloque estándar resulta ser el bloque menos poroso, siendo el bloque más pesado de la población, con un valor de 9,74kgf.

El bloque estándar, también demostró ser el más rígido y menos plástico, ya que posee a los 28 días valores de 484,36kgf/cm<sup>2</sup>

En la tabla 29, se pueden apreciar todos los valores obtenidos en el mejor espécimen por tipo, de la misma manera, en la figura se presenta una gráfica esfuerzo - deformación resumen a los 7 y 28 días de edad (ver figura 94 y 95).

TABLA RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CADA ESPÉCIMEN																				
EDAD		7									28									
PROPIEDADES	Área Neta (cm²)	Área Bruta (cm²)	Volumen (cm³)	Peso (kgf)	Carga máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)		Elasticidad Módulo Elástico (kgf/cm²)	Plasticidad (kgf/cm²)	Ductilidad	Área Neta (cm²)	Área Bruta (cm²)	Volumen (cm³)	Peso (kgf)	Carga máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)		Elasticidad Módulo Elástico (kgf/cm²)	Plasticidad (kgf/cm²)	Ductilidad
						Neta	Bruta									Neta	Bruta			
ESPECÍMEN																				
ESTÁNDAR	283,60	530,95	6173,70	10,98	4405,00	1,52	0,81	267,73	120,02	1,53	274,80	529,98	6074,96	9,74	7957,00	2,84	1,47	484,36	718,77	1,32
25% AGREGADO GRUESO	276,00	528,00	5899,80	9,03	1720,10	0,61	0,32	76,50	50,28	2,73	275,80	534,04	5953,18	8,57	2682,90	0,95	0,49	193,58	117,99	2,19
15% AGREGADO GRUESO	275,98	528,22	5961,90	9,82	2091,00	0,74	0,39	139,78	57,03	2,92	281,38	532,86	6060,15	8,86	4282,00	1,49	0,79	300,81	71,18	1,78
5% AGREGADO GRUESO	277,81	527,72	5917,14	10,26	3786,00	1,34	0,70	219,84	114,85	1,94	280,20	532,38	5968,20	9,39	7013,70	2,45	1,29	468,78	348,25	1,47
25% AGREGADO FINO	281,03	532,83	6103,07	9,07	1902,00	0,66	0,35	145,54	65,86	2,50	277,61	530,55	5960,83	8,10	3811,00	1,35	0,70	296,79	93,02	2,14
15% AGREGADO FINO	273,20	528,95	5941,34	9,23	2506,00	0,90	0,46	143,28	92,20	2,38	278,77	534,97	6108,61	9,06	4501,00	1,58	0,82	384,08	163,17	2,25
12,5% AGREGADO FINO	273,73	526,38	5877,24	9,41	2883,00	1,03	0,54	149,44	99,27	1,79	274,45	528,70	5880,86	9,50	4647,00	1,66	0,86	346,48	78,32	1,50
10% AGREGADO FINO	282,45	530,25	6158,72	10,08	3010,30	1,04	0,56	173,55	73,21	2,31	281,75	531,46	6099,19	9,71	5374,10	1,87	0,99	231,27	114,26	1,39
7,5% AGREGADO FINO	274,42	528,93	5860,20	9,77	3202,00	1,14	0,59	198,90	81,58	1,60	279,96	531,46	5962,21	9,72	6151,10	2,15	1,13	357,03	216,13	1,50
5% AGREGADO FINO	271,15	524,56	271,15	10,33	5445,80	1,97	1,02	232,69	196,75	1,46	276,23	532,91	5899,85	9,95	8230,60	2,92	1,51	587,86	283,48	1,39

Tabla 29.- Tabla comparativa resumen de las características resultantes obtenidas en cada espécimen (Chiriboga & Quinteros, 2020).



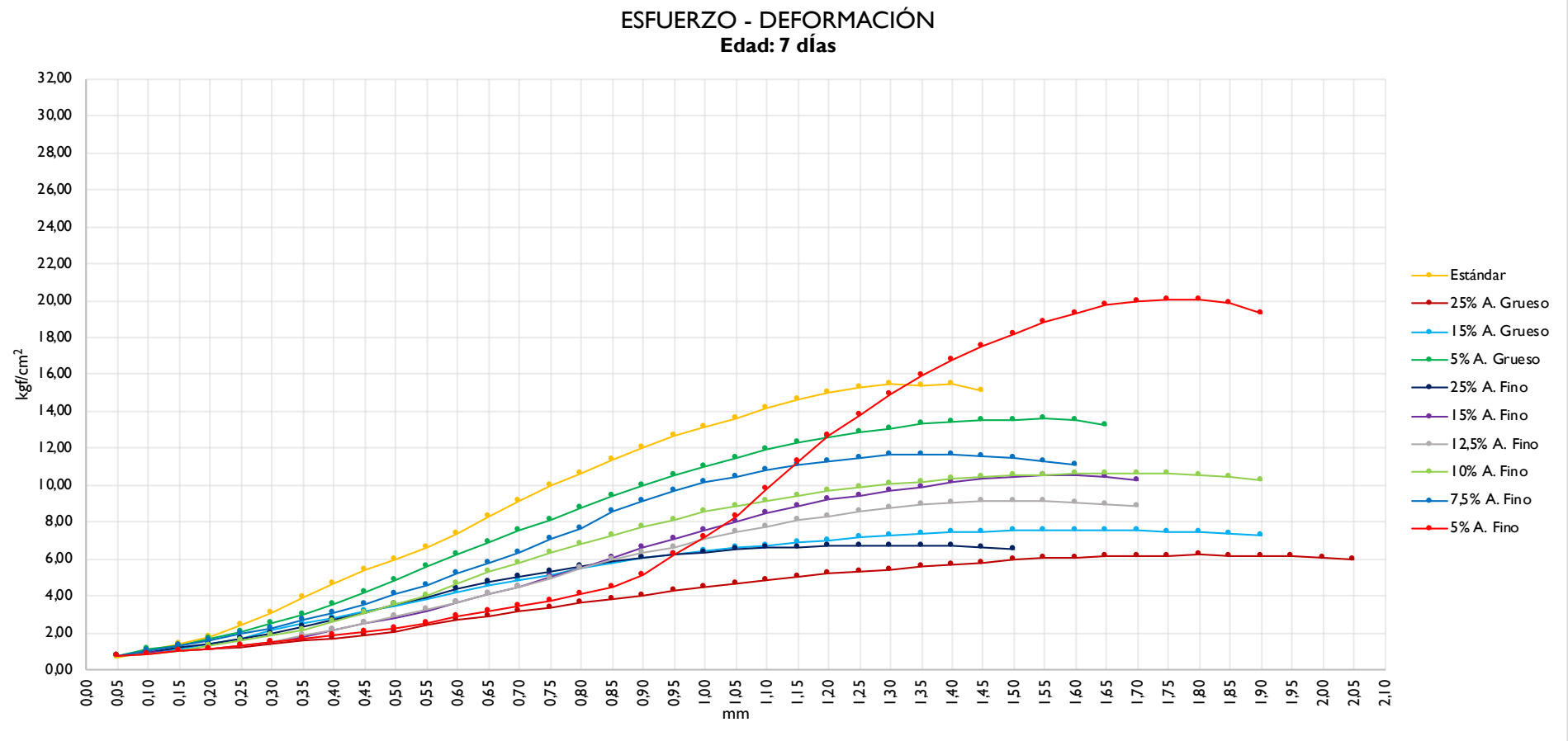


Figura 94.- Gráfica de esfuerzo - deformación de todos los valores obtenidos a los 7 días en cada espécimen (Chiriboga & Quinteros, 2020).

### ESFUERZO - DEFORMACIÓN Edad: 28 días

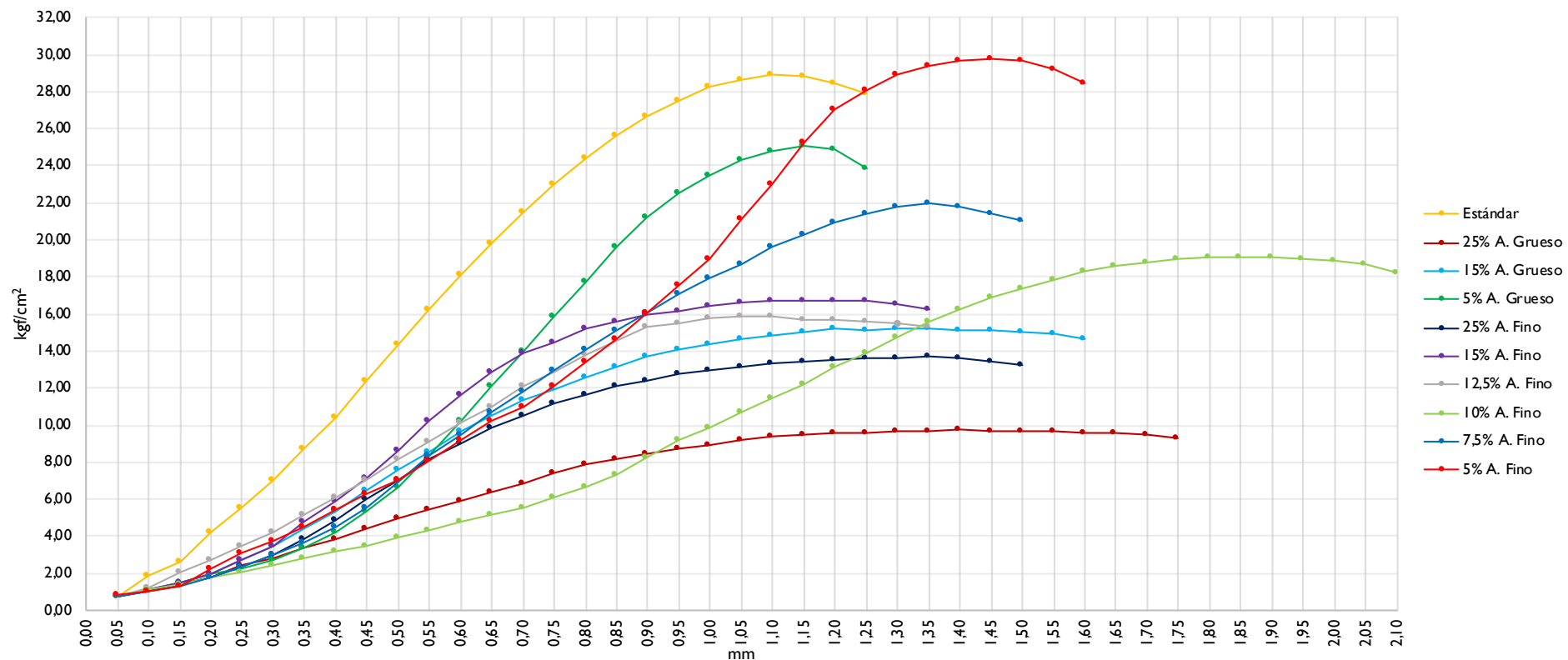


Figura 95.- Gráfica de esfuerzo - deformación de todos los valores obtenidos a los 28 días en cada espécimen (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 96.- Diagrama del peso promedio por tipo de bloque, con valores a los 7 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 97.- Diagrama del peso promedio por tipo de bloque, con valores a los 28 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 98.- Diagrama del esfuerzo máximo promedio por tipo de bloque, con valores a los 7 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 99.- Diagrama del esfuerzo máximo promedio por tipo de bloque, con valores a los 28 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).

### 3.1.11. Análisis de los valores promedio de las propiedades mecánicas, obtenidos en los diferentes tipos de bloques de concreto.

Para tener una mejor perspectiva del comportamiento de los bloques de concreto con respecto a las propiedades mecánicas analizadas en esta investigación, se presentan diagramas con el promedio de cada uno de estos valores por tipo de bloque, es decir, se establece el promedio de los valores de los tres especímenes que contiene cada tipo a los 7 y 28 días de edad. Los diagramas están priorizados con los valores obtenidos a los 28 días de edad, ya que es ahí cuando los bloques de concreto adquieren sus características finales.

En los diagramas, se puede observar que el bloque estándar y el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado fino poseen un mejor comportamiento ante las propiedades mecánicas estudiadas, razón por la cual se considera al bloque con un 5% de reemplazo en el agregado fino como el más favorable. A diferencia del bloque con un 25% de reemplazo en el agregado fino, cuyos valores son bajos, considerándolo como el bloque menos favorable.

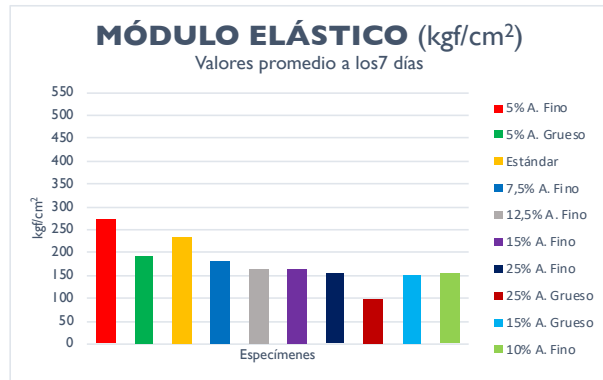


Figura 100.- Diagrama del módulo elástico promedio por tipo de bloque, con valores a los 7 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 102.- Diagrama de la plasticidad promedio por tipo de bloque, con valores a los 7 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 104.- Diagrama de la ductilidad promedio por tipo de bloque, con valores a los 7 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).

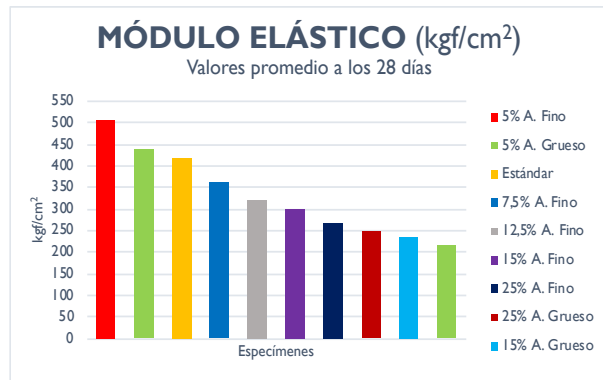


Figura 101.- Diagrama del módulo elástico promedio por tipo de bloque, con valores a los 28 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 103.- Diagrama de la plasticidad promedio por tipo de bloque, con valores a los 28 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).



Figura 105.- Diagrama de la ductilidad promedio por tipo de bloque, con valores a los 28 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).





RESUMEN DE VALORES A LOS 7 DIAS						
TIPO		PESO (kgf)	ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	MÓDULO ELÁSTICO (kgf/cm <sup>2</sup> )	PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	DUCTILIDAD
ESTÁNDAR	ESTÁNDAR	11,07	1,49	235,47	116,91	1,63
AGREGADO GRUESO	25% A. Grueso	9,26	0,57	99,98	39,85	2,54
	15% A. Grueso	9,72	0,73	149,60	52,85	3,31
	5% A. Grueso	10,10	1,28	192,89	111,05	2,18
AGREGADO FINO	25% A. Fino	8,84	0,65	152,89	58,78	3,12
	15% A. Fino	9,38	0,81	165,46	84,33	2,36
	12,5% A. Fino	9,06	0,92	165,70	86,34	1,97
	10% A. Fino	10,23	0,97	155,36	67,06	2,04
	7,5% A. Fino	9,67	1,09	181,98	66,73	1,61
	5% A. Fino	10,19	1,89	273,05	172,64	1,45

Tabla 30.- Resultados promediales de los especímenes por cada tipo a los 7 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).

RESUMEN DE VALORES A LOS 28 DIAS						
TIPO		PESO (kgf)	ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	MÓDULO ELÁSTICO (kgf/cm <sup>2</sup> )	PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	DUCTILIDAD
ESTÁNDAR	ESTÁNDAR	9,93	2,80	416,90	532,27	1,32
AGREGADO GRUESO	25% A. Grueso	8,50	0,92	245,83	80,57	2,28
	15% A. Grueso	8,84	1,19	235,32	68,53	1,68
	5% A. Grueso	9,55	2,33	436,00	247,12	1,34
AGREGADO FINO	25% A. Fino	8,27	1,31	268,39	121,98	2,07
	15% A. Fino	9,06	1,49	298,91	83,78	1,64
	12,5% A. Fino	9,47	1,55	321,16	153,91	1,69
	10% A. Fino	9,62	1,81	214,71	132,45	1,47
	7,5% A. Fino	9,79	2,07	361,28	200,90	1,51
	5% A. Fino	10,01	2,81	504,73	259,22	1,41

Tabla 31.- Resultados promediales de los especímenes por cada tipo a los 28 días (Chiriboga & Quinteros, 2020).

### 3.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EN LOS ENSAYOS DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD

Una vez realizados los análisis de las propiedades mecánicas adquiridas por cada uno de los especímenes, se procede a determinar que los bloques que poseen el agregado de caucho con fibras de acero, poseen un mejor comportamiento elástico y plástico, es decir, aceptan una mayor deformación hasta alcanzar su carga máxima.

Sin embargo, se obtiene que los bloques con este nuevo agregado son más porosos, lo que significa que absorben más agua, afectando directamente a su peso. Por esta razón, se ha decidido realizar el ensayo de absorción comparando el bloque estándar, con los bloques más y menos favorables encontrados entre los especímenes, cuyo reemplazo se dio en el agregado fino.

Para el ensayo de absorción, se utilizan 3 especímenes de cada uno de los tipos de bloques a compararse, contando con el apoyo de tablas donde se observan los resultados adquiridos (ver anexo B1, B2, B3). Con el objetivo de tener un mejor análisis del ensayo, se realiza un promedio de los 3 especímenes por tipo de bloque, mostrando los resultados obtenidos a través de una tabla comparativa y diversos diagramas.



Figura 106.- Ensayo de absorción de los bloques de concreto (Chiriboga & Quinteros, 2020).

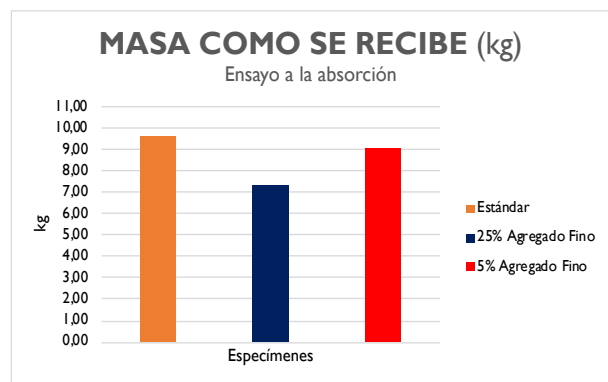


Figura 107.- Diagrama de los resultados promediales de la masa como se recibe (Chiriboga & Quinteros, 2020).

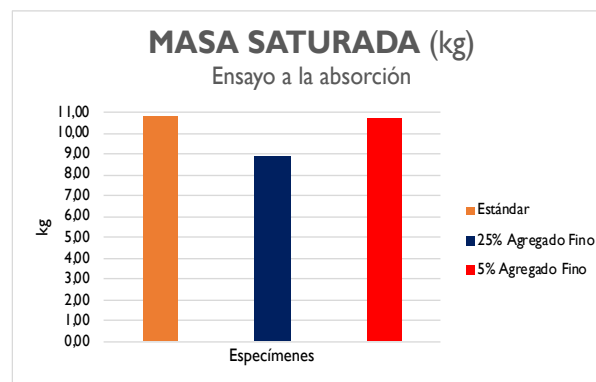


Figura 109.- Diagrama de los resultados promediales de la masa saturada (Chiriboga & Quinteros, 2020).

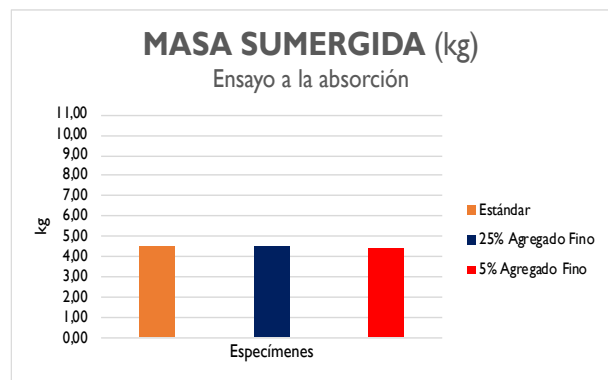


Figura 108.- Diagrama de los resultados promediales de la masa sumergida (Chiriboga & Quinteros, 2020).

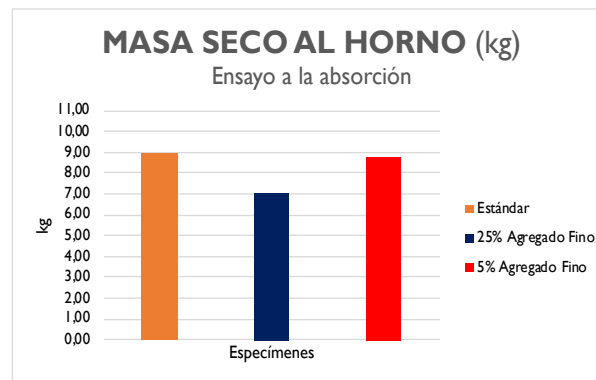


Figura 110.- Diagrama de los resultados promediales de la masa seca al horno (Chiriboga & Quinteros, 2020).

Los resultados que se muestran en los diagramas, demuestran que el bloque estándar posee una mayor masa a diferencia de los otros dos tipos de bloques ensayados, aunque con el bloque con 5% de reemplazo en el agregado fino no tiene una gran diferencia.

En la figura 107, se puede observar un diagrama que indica los valores de masa al inicio del ensayo, en donde el bloque con una mayor masa, es el bloque estándar con un valor de 9,67kg, y el de menor masa es el bloque con un 25% de reemplazo en el agregado fino con un valor de 7,52kg.

En la figura 108, se muestran los valores de masa sumergida, los mismos que son semejantes en todos los tipos de bloques, pues poseen un volumen similar; además de estar sumergidos y sometidos bajo la presión de un mismo líquido.

El diagrama de la figura 109, permite ver los valores de las masas saturadas, donde el bloque estándar sigue teniendo una mayor masa con un valor de 10,78kg, lo que representa una variación de 1,11kg con respecto a su masa inicial; mientras que los bloques con un 25% y 5% de reemplazo en el agregado fino tienen una diferencia de masa de 1,86kg y 0,05kg respectivamente, lo que significa, que los bloques con agregado de caucho del 25% absorben más agua que los otros.



ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD													
TIPO:		Estándar				25% de caucho en reemplazo del Agregado Fino				5% de caucho en reemplazo del Agregado Fino			
DIMENSIONES (cm)	ANCHO	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4
		14,00	14,00	14,10	14,10	14,00	14,00	14,10	14,10	14,00	14,00	14,10	14,10
	ALTO	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4
		19,70	19,50	19,70	19,60	19,70	19,50	19,70	19,60	19,70	19,50	19,70	19,60
	LONGITUD	Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2	
		39,00		39,00		39,00		39,00		39,00		39,00	
	ESPESOR CARA	Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2	
		2,60		2,50		2,60		2,50		2,60		2,50	
	ESPESOR TABIQUE	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4
		2,30	2,20	2,20	2,20	2,30	2,20	2,30	2,10	2,30	2,20	2,30	2,10
VOLUMEN (cm³)		5921,51				5926,05				5907,49			
MASA COMO SE RECIBE (kg)		9,57				7,52				9,22			
MASA SUMERGIDA (kg)		0,01				0,01				0,01			
MASA SATURADA (kg)		10,78				8,92				10,73			
MASA SECO AL HORNO (kg)		8,93				7,08				8,79			
ABSORCIÓN (%)		20,67				25,99				22,12			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		34,62				23,84				22,29			
DENSIDAD (kg/m³)		829,15				794,25				819,34			

Tabla 32.- Tabla comparativa del ensayo a absorción entre el bloque estándar y el espécimen más favorable y menos favorable (Chiriboga & Quinteros, 2020).

Finalmente, la figura 110 expone los valores de las masas secas al horno, cuyos resultados demuestran que el bloque estándar sigue siendo el de mayor masa con un valor de 8,93kg, es decir, que ha tenido una diferencia de 1,85kg con respecto al valor de su masa saturada; mientras que los otros bloques, el de 25% y 5% en reemplazo del agregado fino, tienen una diferencia de 1,84kg y 0,14kg, respectivamente.

En la tabla 33, se presentan los valores resultantes de la comparación entre el bloque estándar y el espécimen más y menos favorable, considerando sus dimensiones, volumen, masa como se recibe, masa sumergida, masa saturada y masa seca al horno.

Además, se detallan los valores obtenidos de los ensayos indicados en el subcapítulo 2.7., de lo que se puede analizar lo siguiente:

El diagrama de la figura 111, indica que el bloque con el 25% de reemplazo del agregado fino tiene mayor porcentaje de absorción con un 25,99%, debido a que presenta una mayor porosidad en su volumen, con una diferencia del 5,32% con el bloque estándar y del 3,87% con el bloque con el 5% de reemplazo del agregado fino.

En la figura 112, se puede observar que el bloque estándar al ser más compacto, retiene en un mayor porcentaje la humedad en su interior, con un valor del 34,62%; a diferencia de los otros bloques





ensayados, que tienen valores menores del 10,78% y 12,33%, siendo el bloque con un 5% de reemplazo en el agregado fino el de menor contenido de humedad.

En el diagrama de densidad de la figura 113, se pueden observar que las densidades de los bloques son similares, por lo que estos bloques se comparan con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (ver sección 3.3.2). Sin embargo, se puede deducir que mientras mayor sea el contenido de gránulos de caucho con fibras de acero en el bloque este tiende a bajar su densidad.

Una vez realizado este análisis se puede concluir que, la porosidad que adquiere el bloque estándar con los gránulos de caucho con fibras de acero, provoca que el bloque tenga una mayor absorción de agua pero no una retención de la misma, además de volverse un bloque ligeramente más liviano, pues adquiere una densidad menor.

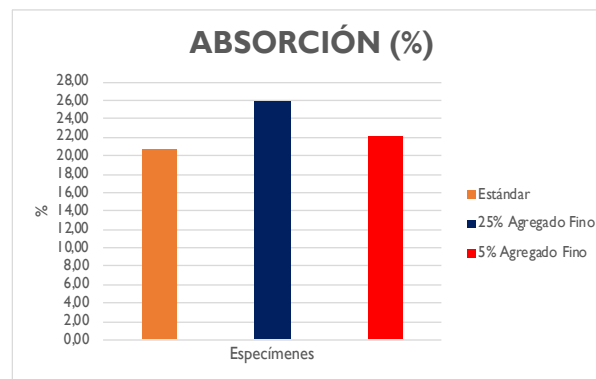


Figura 111.- Diagrama de los resultados promediales del ensayo a la absorción (Chiriboga & Quinteros, 2020).

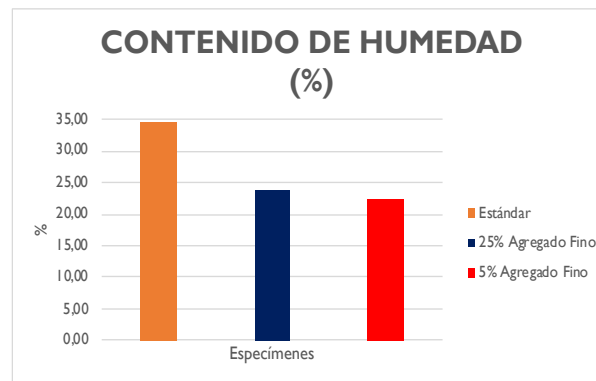


Figura 112.- Diagrama de los resultados promediales del contenido de humedad (Chiriboga & Quinteros, 2020).

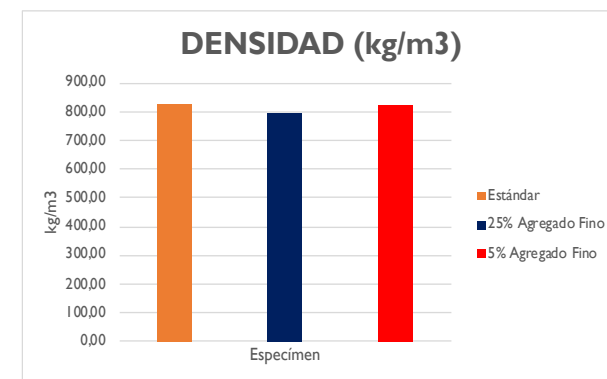


Figura 113.- Diagrama de los resultados promediales de la densidad (Chiriboga & Quinteros, 2020).

### 3.3. ANÁLISIS DE LOS BLOQUES PROPUESTOS RESPECTO A SU CLASIFICACIÓN CON LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN

Este análisis se lo realiza en relación a la clasificación de bloques del apartado 1.1.7.

Respecto a su uso, los bloques se analizan considerando su esfuerzo máximo para determinar la clase a la cual pertenecen, según la Norma INEN 643 (1993); y para el estudio respecto a su densidad, se aplica la Norma NTE INEN 638 (2014).

#### 3.3.1. Respecto a su uso.

Una vez analizadas las propiedades mecánicas adquiridas en los bloques fabricados, se considera necesario comparar el esfuerzo máximo adquirido de los 4 mejores tipos de bloques fabricados.

Se puede observar en la figura 114, que ningún tipo de bloque ensayado en esta investigación supera el valor mínimo requerido para estar dentro de la Clase C, es decir, no superan el valor de 3 MPa.

El bloque con un 5% de reemplazo en el agregado fino y el bloque estándar, logran entrar a la Clase D con valores de 2,81MPa y 2,80MPa, respectivamente; esto quiere decir, que los bloques pueden ser utilizados en paredes divisorias exteriores con revestimiento o en paredes internas divisorias con o sin revestimiento.

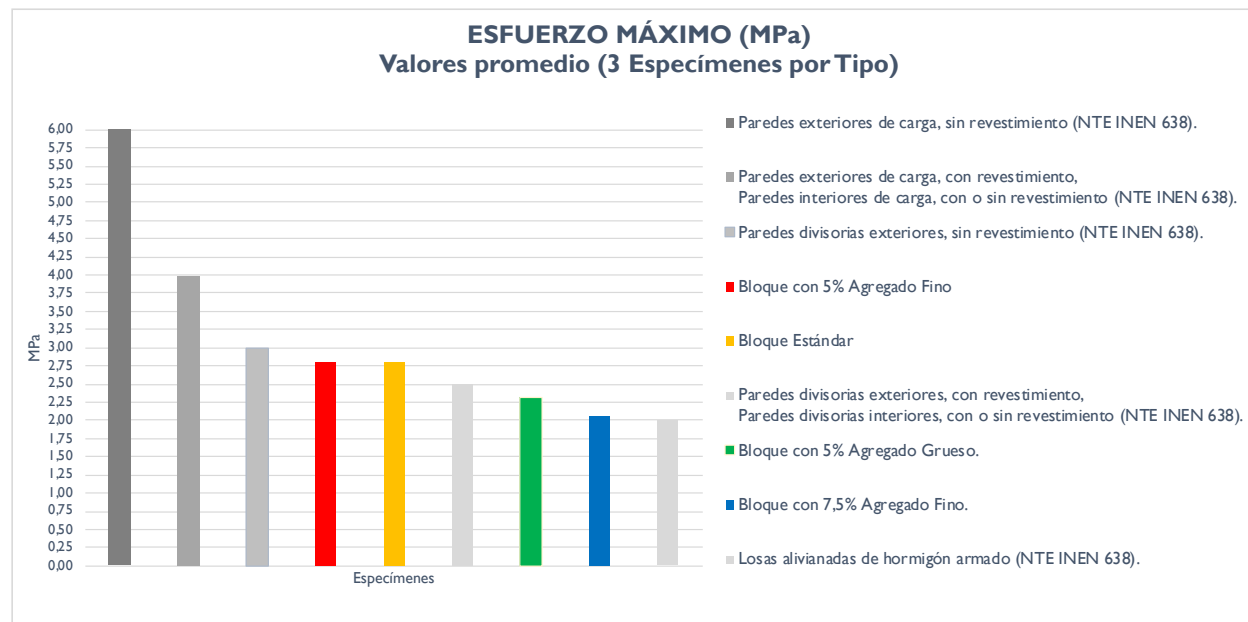


Figura 114.- Diagrama comparativo de los esfuerzos máximos de los bloques de concreto con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (Chiriboga & Quinteros, 2020).



El bloque con un 5% de reemplazo en el agregado grueso y el bloque con un 7,5% de reemplazo en el agregado fino entran en la Clase E, es decir, pueden ser usados en losas alivianadas de hormigón armado, con valores de esfuerzo máximos de 2,33MPa y 2,07MPa

### 3.3.2. Respecto a su densidad.

Las densidades son analizadas y comparadas en relación al ensayo realizado en los bloques más favorable y menos favorable conjuntamente con el estándar.

Se puede observar en la figura 115, que las densidades de los bloques ensayados, se encuentran en el rango de bloque livianos, siendo el bloque estándar el que posee una mayor densidad, sin embargo la variación de valor entre el un tipo y otro, es mínima.

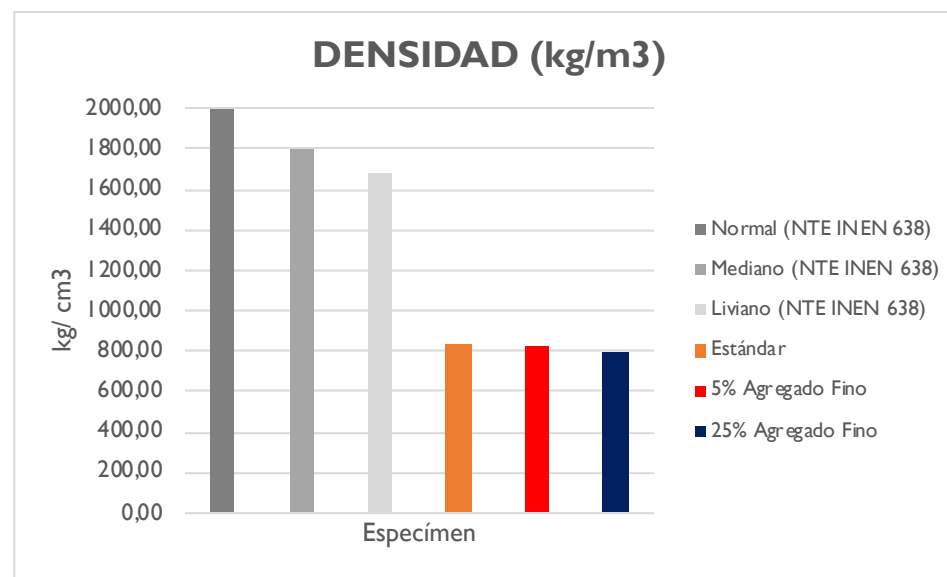


Figura 115.- Diagrama comparativo de las densidades de los bloques de concreto con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (Chiriboga & Quinteros, 2020).

# 4

## CAPÍTULO





# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

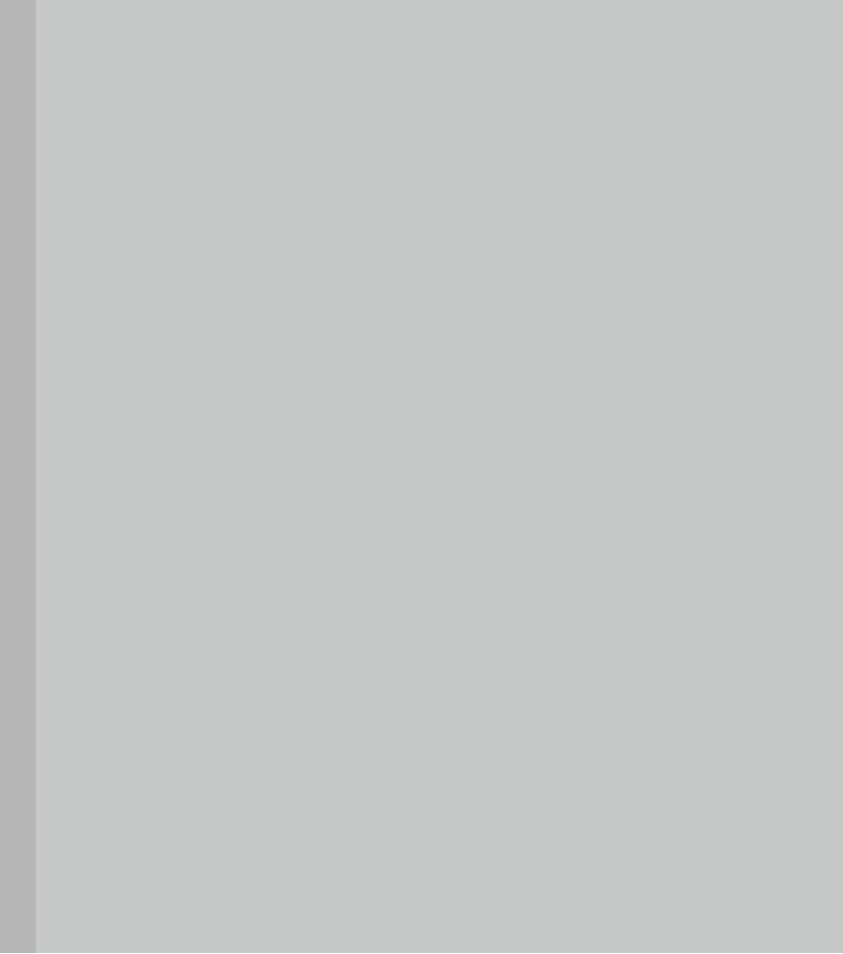
## 4.1. CONCLUSIONES

- En base a los ensayos a compresión simple, se establece que el bloque estándar utilizado en esta investigación, según la Norma NTE INEN 638 (2014), puede ser utilizado en la construcción de paredes divisorias exteriores sin revestimiento, correspondiente a la Clase C; con un valor de esfuerzo máximo de 2,80MPa.
- Los bloques de concreto, han sido elaborados en base a un procedimiento normal y con los materiales de uso común. Se observa, que a pesar de agregar los gránulos de caucho con fibras de acero, no se produce ningún desmoronamiento al momento de salir del molde, considerándolos aptos para su elaboración.
- Al evaluar las propiedades mecánicas de los bloques de concreto con la inclusión de gránulos de caucho y fibras de acero reciclados, es factible determinar que el material no ayuda a mejorar la resistencia a la compresión del bloque elaborado, sin embargo, aporta favorablemente al comportamiento plástico y dúctil del mismo.
- Luego de someter los bloques a una carga a compresión, se percibe que la incorporación de este nuevo material produce una mejor adherencia en los materiales, ya que al llegar a la carga de rotura los bloques presentan solamente trizaduras y no se parten en pedazos, como sucede con el bloque estándar; esto gracias a la resistencia y elasticidad que le brinda el caucho.
- Después de analizar los datos de manera estadística y gráfica, se puede determinar que el diseño con la incorporación del 5% de caucho en reemplazo del agregado fino, es el bloque que presenta los datos más favorables en relación a sus propiedades mecánicas, dando el valor más alto en el esfuerzo máximo y en el módulo elástico; sin embargo, posee una plasticidad baja y una ductilidad y peso similar al que presenta el bloque estándar.
- El bloque con un reemplazo del 5% en el agregado grueso y el bloque con un reemplazo del 7,5% en el agregado fino, según los valores obtenidos, son aptos para su aplicación en el alivianamiento de losas de hormigón; además, estos bloques presentan un peso menor al que tiene el bloque estándar.
- Se comprueba la eficiencia de la utilización de los gránulos de caucho con fibras de acero, obtenidos a base de la trituración de neumáticos fuera de uso, en la fabricación de bloques de concreto y se puede concluir que esta nueva iniciativa de reciclaje y reutilización es una alternativa factible para la mitigación al impacto ambiental que los neumáticos provocan.



## 4.2. RECOMENDACIONES

- Debido a que la demanda de vehículos se ha ido incrementando en nuestro país, es predecible estimar la cantidad de neumáticos fuera de uso que se generarán después de satisfacer esta necesidad, a tal punto que se requiere un manejo adecuado de los desechos que serán producidos, pues esto afecta de manera directa a la salud y al medio ambiente; es por ello que, en la presente investigación se analiza una forma de mitigar este impacto ambiental y se presenta una innovación tecnológica en el campo de la construcción, siendo esta una tecnología factible y a un mismo costo.
- Se recomienda un método de roceado continuo durante el proceso de curado de los bloques con caucho, debido a que estos poseen una mayor porosidad y por lo tanto, tienen una mayor pérdida de humedad. Por esta razón, se aconseja rocearlos unas 5 o 6 veces al día.
- De acuerdo con los resultados obtenidos, es posible recomendar un análisis más profundo de la investigación, con la utilización de un granulado más fino de caucho con fibras de acero, esto ayudaría a producir un relleno mejor de los espacios, permitiendo que los bloques sean menos porosos y mas compactos.
- También se aconseja probar la investigación con el uso de otras partes del neumático, obteniendo nueva materia prima para la fabricación de bloques de concreto.
- Se sugiere trabajar con una dosificación mejor estudiada y más precisa, es decir, una fabricación industrial; o en su defecto, estudiar con otros porcentajes de reemplazo cercanos al 5%, con el objetivo de alcanzar una posible mejora en el comportamiento del bloque.



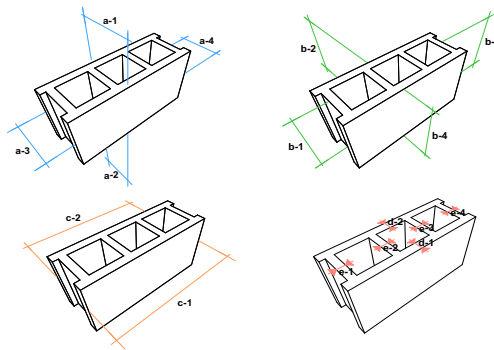



ANEXOS



## ANEXO AI

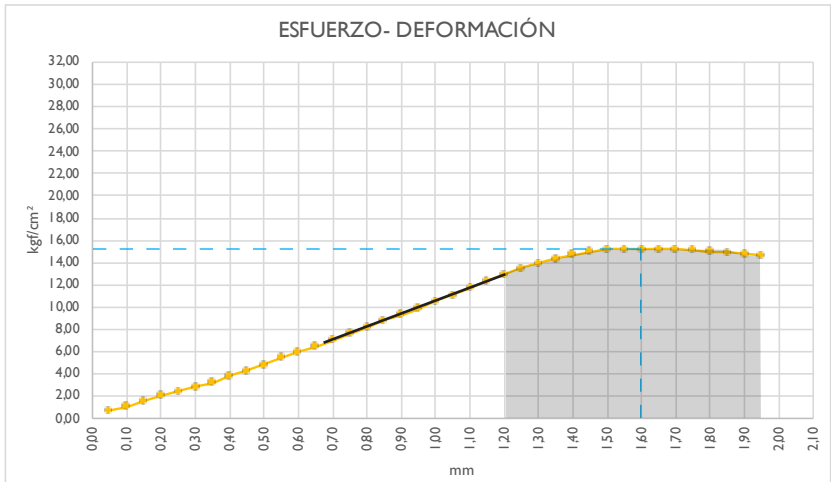
### BLOQUE ESTÁNDAR/ ESPÉCIMEN: I / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	10,97				<h4>DATOS DE LA PRENSA</h4> <table><tr><th>(mm)</th><th>(kgf/cm<sup>2</sup>)</th></tr><tr><td>0,05</td><td>0,72</td></tr><tr><td>0,10</td><td>1,06</td></tr><tr><td>0,15</td><td>1,59</td></tr><tr><td>0,20</td><td>2,04</td></tr><tr><td>0,25</td><td>2,40</td></tr><tr><td>0,30</td><td>2,80</td></tr><tr><td>0,35</td><td>3,19</td></tr><tr><td>0,40</td><td>3,83</td></tr><tr><td>0,45</td><td>4,22</td></tr><tr><td>0,50</td><td>4,79</td></tr><tr><td>0,55</td><td>5,48</td></tr><tr><td>0,60</td><td>5,97</td></tr><tr><td>0,65</td><td>6,47</td></tr><tr><td>0,70</td><td>7,00</td></tr><tr><td>0,75</td><td>7,63</td></tr><tr><td>0,80</td><td>8,20</td></tr><tr><td>0,85</td><td>8,80</td></tr><tr><td>0,90</td><td>9,32</td></tr><tr><td>0,95</td><td>9,85</td></tr><tr><td>1,00</td><td>10,48</td></tr><tr><td>1,05</td><td>11,09</td></tr><tr><td>1,10</td><td>11,71</td></tr><tr><td>1,15</td><td>12,34</td></tr><tr><td>1,20</td><td>12,93</td></tr><tr><td>1,25</td><td>13,46</td></tr><tr><td>1,30</td><td>13,90</td></tr><tr><td>1,35</td><td>14,36</td></tr><tr><td>1,40</td><td>14,71</td></tr><tr><td>1,45</td><td>14,96</td></tr><tr><td>1,50</td><td>15,17</td></tr><tr><td>1,55</td><td>15,20</td></tr><tr><td>1,60</td><td>15,22</td></tr><tr><td>1,65</td><td>15,18</td></tr><tr><td>1,70</td><td>15,19</td></tr><tr><td>1,75</td><td>15,12</td></tr><tr><td>1,80</td><td>14,98</td></tr><tr><td>1,85</td><td>14,93</td></tr><tr><td>1,90</td><td>14,79</td></tr><tr><td>1,95</td><td>14,64</td></tr><tr><td>2,00</td><td></td></tr><tr><td>2,05</td><td></td></tr><tr><td>2,10</td><td></td></tr></table>		(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	0,05	0,72	0,10	1,06	0,15	1,59	0,20	2,04	0,25	2,40	0,30	2,80	0,35	3,19	0,40	3,83	0,45	4,22	0,50	4,79	0,55	5,48	0,60	5,97	0,65	6,47	0,70	7,00	0,75	7,63	0,80	8,20	0,85	8,80	0,90	9,32	0,95	9,85	1,00	10,48	1,05	11,09	1,10	11,71	1,15	12,34	1,20	12,93	1,25	13,46	1,30	13,90	1,35	14,36	1,40	14,71	1,45	14,96	1,50	15,17	1,55	15,20	1,60	15,22	1,65	15,18	1,70	15,19	1,75	15,12	1,80	14,98	1,85	14,93	1,90	14,79	1,95	14,64	2,00		2,05		2,10	
(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )																																																																																											
0,05	0,72																																																																																											
0,10	1,06																																																																																											
0,15	1,59																																																																																											
0,20	2,04																																																																																											
0,25	2,40																																																																																											
0,30	2,80																																																																																											
0,35	3,19																																																																																											
0,40	3,83																																																																																											
0,45	4,22																																																																																											
0,50	4,79																																																																																											
0,55	5,48																																																																																											
0,60	5,97																																																																																											
0,65	6,47																																																																																											
0,70	7,00																																																																																											
0,75	7,63																																																																																											
0,80	8,20																																																																																											
0,85	8,80																																																																																											
0,90	9,32																																																																																											
0,95	9,85																																																																																											
1,00	10,48																																																																																											
1,05	11,09																																																																																											
1,10	11,71																																																																																											
1,15	12,34																																																																																											
1,20	12,93																																																																																											
1,25	13,46																																																																																											
1,30	13,90																																																																																											
1,35	14,36																																																																																											
1,40	14,71																																																																																											
1,45	14,96																																																																																											
1,50	15,17																																																																																											
1,55	15,20																																																																																											
1,60	15,22																																																																																											
1,65	15,18																																																																																											
1,70	15,19																																																																																											
1,75	15,12																																																																																											
1,80	14,98																																																																																											
1,85	14,93																																																																																											
1,90	14,79																																																																																											
1,95	14,64																																																																																											
2,00																																																																																												
2,05																																																																																												
2,10																																																																																												
ANCHO - a (cm)	a - 1	13,90																																																																																										
	a - 2	13,90																																																																																										
	a - 3	14,00																																																																																										
	a - 4	14,00																																																																																										
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,20																																																																																										
	b - 2	20,00																																																																																										
	b - 3	20,00																																																																																										
	b - 4	20,10																																																																																										
LONGITUD - c (cm)	c - 1	38,90																																																																																										
	c - 2	39,00																																																																																										
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,60																																																																																										
	d - 2	2,60																																																																																										
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,30																																																																																										
	e - 2	2,20																																																																																										
	e - 3	2,20																																																																																										
	e - 4	2,30																																																																																										



ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	15,22
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	216,30
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	107,87
DUCTILIDAD	1,63

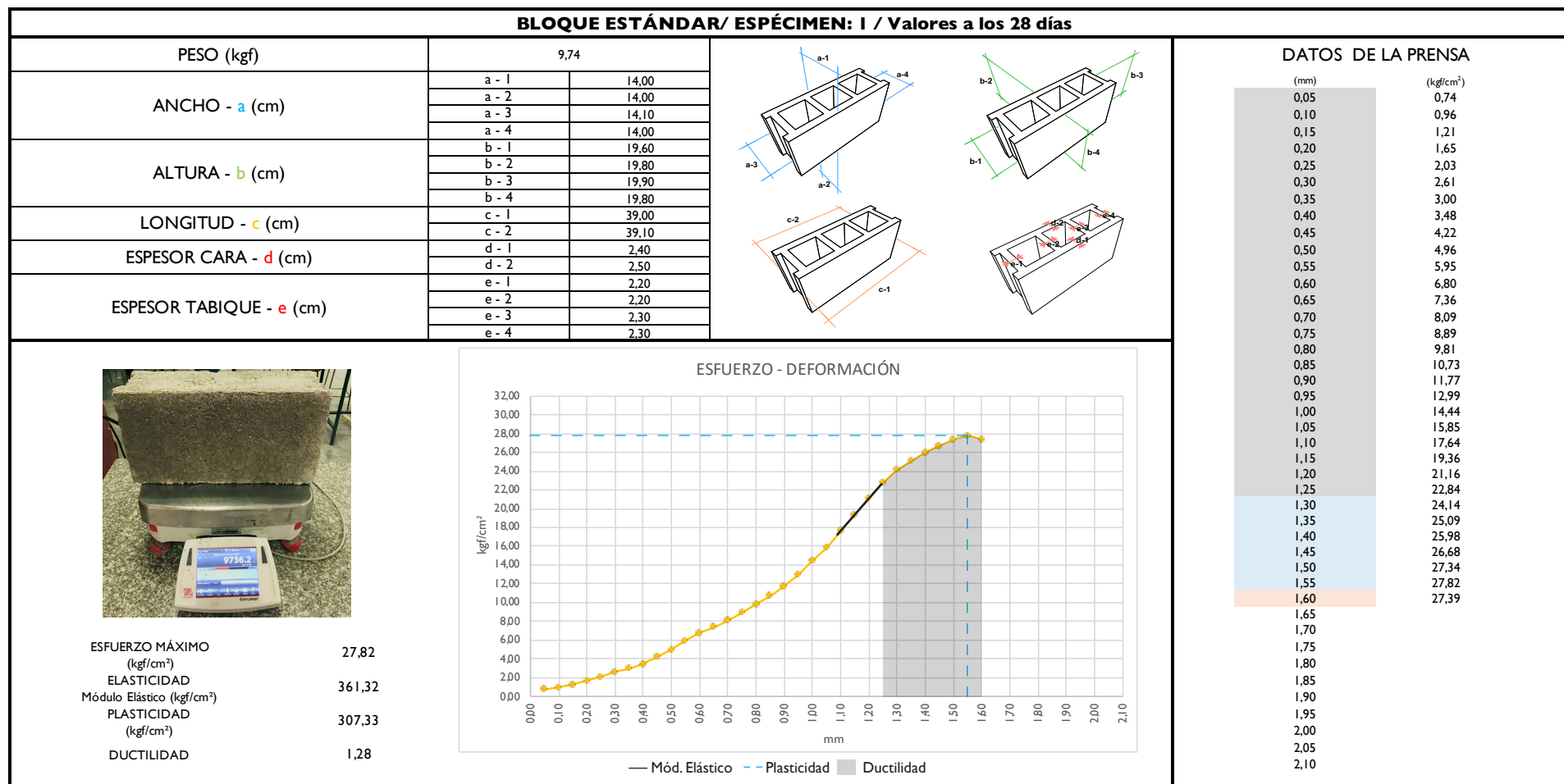
#### ESFUERZO- DEFORMACIÓN



— Mód. Elástico — Plasticidad ■ Ductilidad



## ANEXO A2

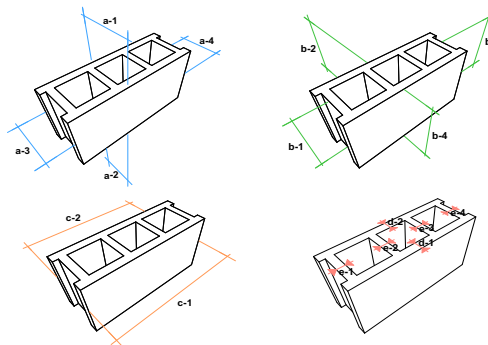




## ANEXO A3

### BLOQUE ESTÁNDAR/ ESPÉCIMEN: 2 / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	11,24	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,10
	a - 2	14,10
	a - 3	14,00
	a - 4	14,00
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,40
	b - 2	20,20
	b - 3	20,00
	b - 4	20,10
LONGITUD - c (cm)	c - 1	38,90
	c - 2	39,00
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,60
	d - 2	2,60
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,30
	e - 2	2,20
	e - 3	2,20
	e - 4	2,30

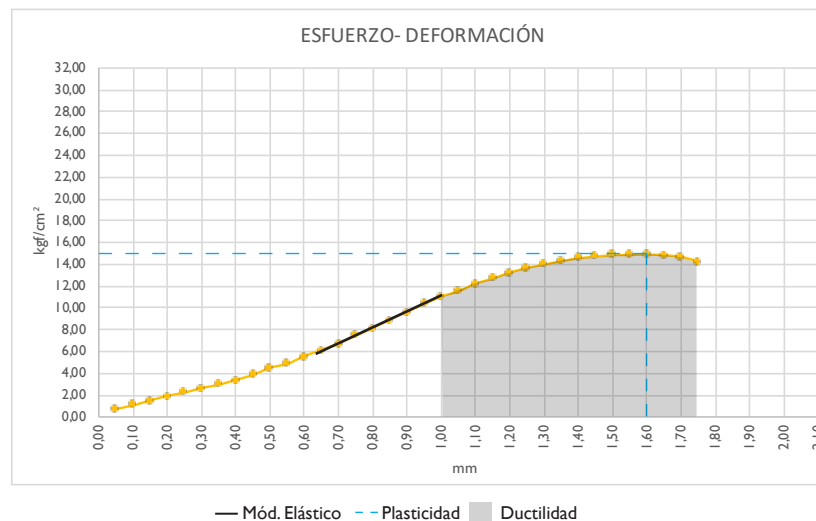


### DATOS DE LA PRENSA

(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,73
0,10	1,07
0,15	1,46
0,20	1,93
0,25	2,24
0,30	2,63
0,35	2,96
0,40	3,32
0,45	3,86
0,50	4,53
0,55	4,91
0,60	5,56
0,65	6,10
0,70	6,71
0,75	7,48
0,80	8,14
0,85	8,85
0,90	9,62
0,95	10,39
1,00	11,02
1,05	11,57
1,10	12,22
1,15	12,74
1,20	13,22
1,25	13,66
1,30	14,05
1,35	14,34
1,40	14,61
1,45	14,72
1,50	14,89
1,55	14,87
1,60	14,91
1,65	14,82
1,70	14,66
1,75	14,25
1,80	
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	



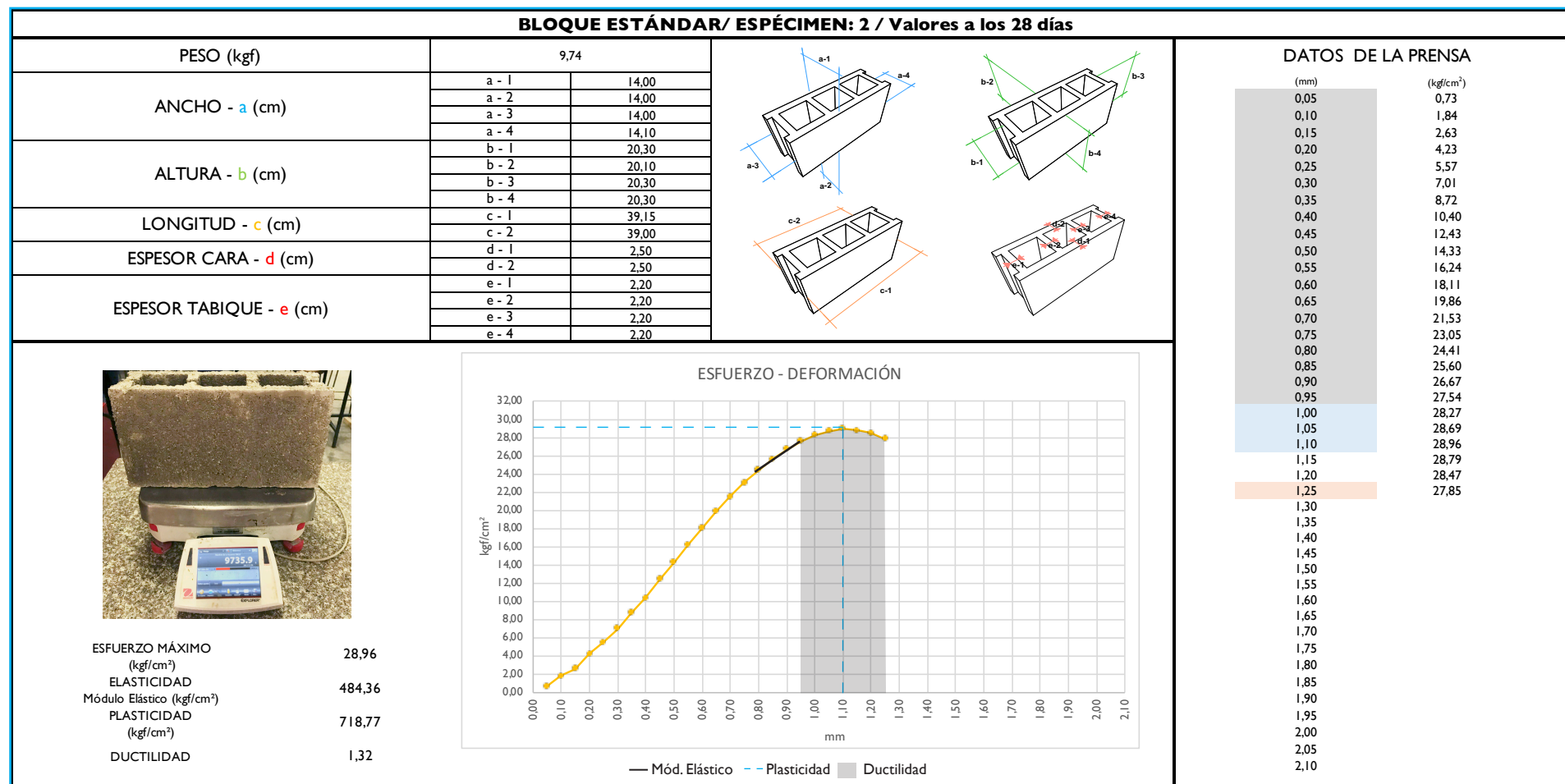
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	14,91
ELASTICIDAD	222,38
Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	122,84
DUCTILIDAD	1,75







## ANEXO A4

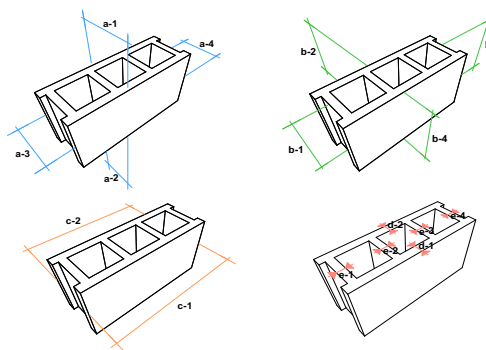




## ANEXO A5

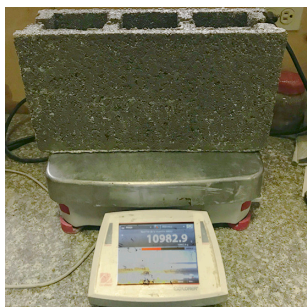
### BLOQUE ESTÁNDAR/ ESPÉCIMEN: 3 / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	10,98	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,10
	a - 2	14,10
	a - 3	14,00
	a - 4	14,00
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,10
	b - 2	20,00
	b - 3	20,00
	b - 4	20,00
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,10
	c - 2	39,00
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,60
	d - 2	2,60
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,30
	e - 2	2,30
	e - 3	2,20
	e - 4	2,30



### DATOS DE LA PRENSA

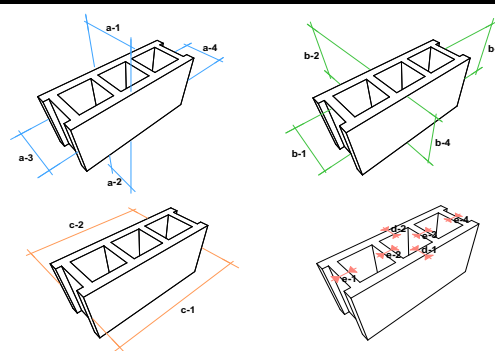
(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,71
0,10	1,02
0,15	1,42
0,20	1,83
0,25	2,48
0,30	3,15
0,35	3,98
0,40	4,67
0,45	5,43
0,50	5,97
0,55	6,63
0,60	7,34
0,65	8,34
0,70	9,20
0,75	9,98
0,80	10,63
0,85	11,37
0,90	12,05
0,95	12,70
1,00	13,14
1,05	13,66
1,10	14,17
1,15	14,61
1,20	15,00
1,25	15,31
1,30	15,47
1,35	15,43
1,40	15,53
1,45	15,12
1,50	
1,55	
1,60	
1,65	
1,70	
1,75	
1,80	
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	



ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	15,53
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	267,73
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	120,02
DUCTILIDAD (%)	1,53




## ANEXO A6

BLOQUE ESTÁNDAR/ ESPÉCIMEN: 3 / Valores a los 28 días			
PESO (kgf)	10,30		
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,10	
	a - 2	14,00	
	a - 3	14,10	
	a - 4	14,00	
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,90	
	b - 2	20,10	
	b - 3	20,10	
	b - 4	20,00	
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,10	
	c - 2	39,00	
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50	
	d - 2	2,40	
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20	
	e - 2	2,30	
	e - 3	2,30	
	e - 4	2,20	

DATOS DE LA PRENSA	
(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,74
0,10	1,07
0,15	1,40
0,20	1,87
0,25	2,42
0,30	3,01
0,35	3,54
0,40	4,19
0,45	4,89
0,50	5,48
0,55	6,16
0,60	7,30
0,65	8,64
0,70	9,91
0,75	11,46
0,80	13,00
0,85	14,84
0,90	17,14
0,95	19,21
1,00	21,06
1,05	23,10
1,10	24,94
1,15	26,10
1,20	27,31
1,25	28,19
1,30	27,48
1,35	
1,40	
1,45	
1,50	
1,55	
1,60	
1,65	
1,70	
1,75	
1,80	
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	

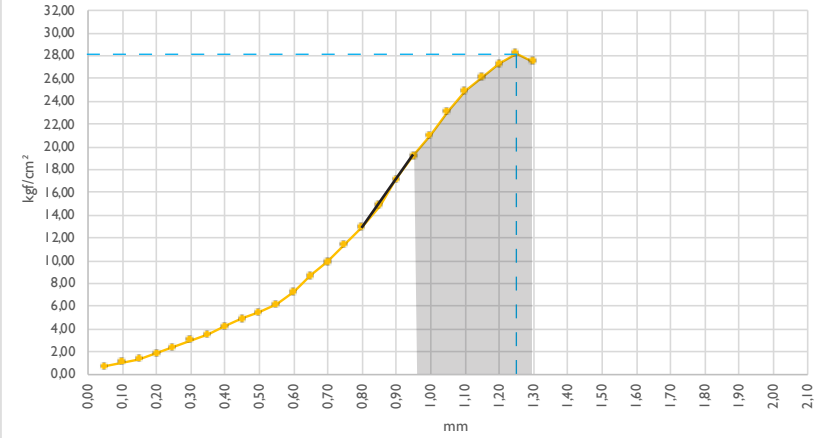
  



ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	28,19
ELASTICIDAD	405,02
Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	570,69
DUCTILIDAD	1,37

ESFUERZO - DEFORMACIÓN

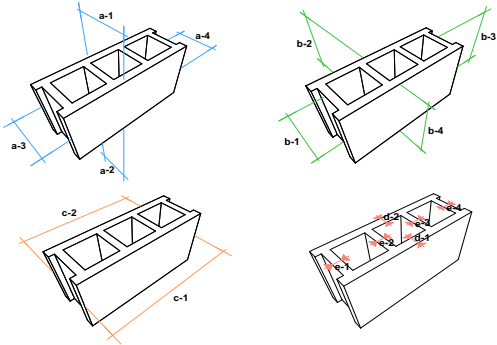






— Mód. Elástico    - - - Plasticidad    ■ Ductilidad



## ANEXO A7

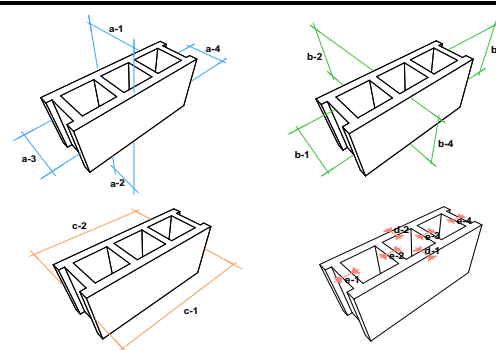
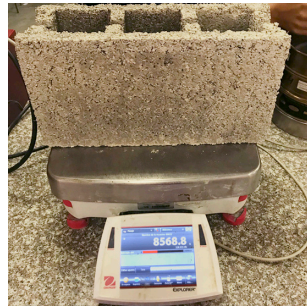
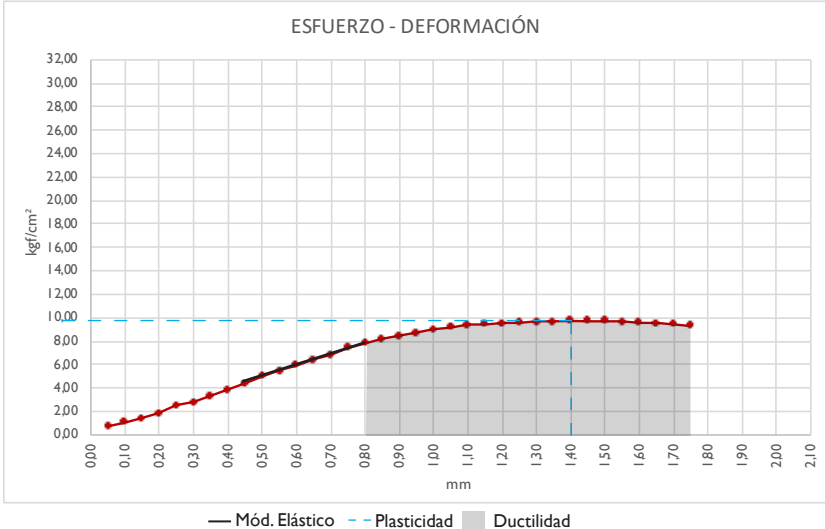
### BLOQUE CON UN 25% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO GRUESO / ESPÉCIMEN: I / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	9,29				DATOS DE LA PRENSA	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,40			(mm)	(kgf/cm²)
	a - 2	14,30			0,05	0,72
	a - 3	14,40			0,10	0,91
	a - 4	14,20			0,15	1,19
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,00			0,20	1,50
	b - 2	20,30			0,25	1,79
	b - 3	20,20			0,30	2,05
	b - 4	20,20			0,35	2,36
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00			0,40	2,64
	c - 2	38,90			0,45	2,89
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50			0,50	3,13
	d - 2	2,60			0,55	3,39
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20			0,60	3,61
	e - 2	2,20			0,65	3,80
	e - 3	2,20			0,70	3,98
	e - 4	2,20			0,75	4,18
						
			0,80	4,33		
			0,85	4,54		
			0,90	4,69		
			0,95	4,84		
			1,00	4,95		
			1,05	5,03		
			1,10	5,13		
			1,15	5,21		
			1,20	5,28		
			1,25	5,34		
			1,30	5,37		
			1,35	5,39		
			1,40	5,40		
			1,45	5,43		
			1,50	5,41		
					1,55	5,38
					1,60	5,36
					1,65	5,30
					1,70	5,27
					1,75	5,23
					1,80	
					1,85	
					1,90	
					1,95	
					2,00	
					2,05	
					2,10	
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm²)			5,43			
ELASTICIDAD						
Módulo Elástico (kgf/cm²)			118,02			
PLASTICIDAD (kgf/cm²)			39,62			
DUCTILIDAD			2,69			





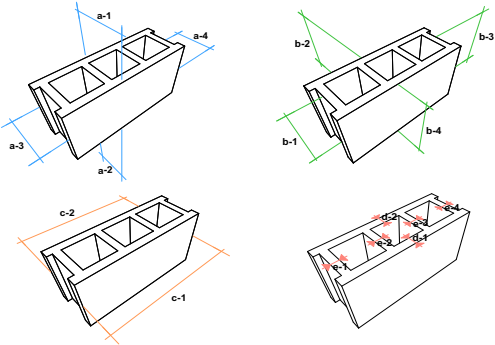

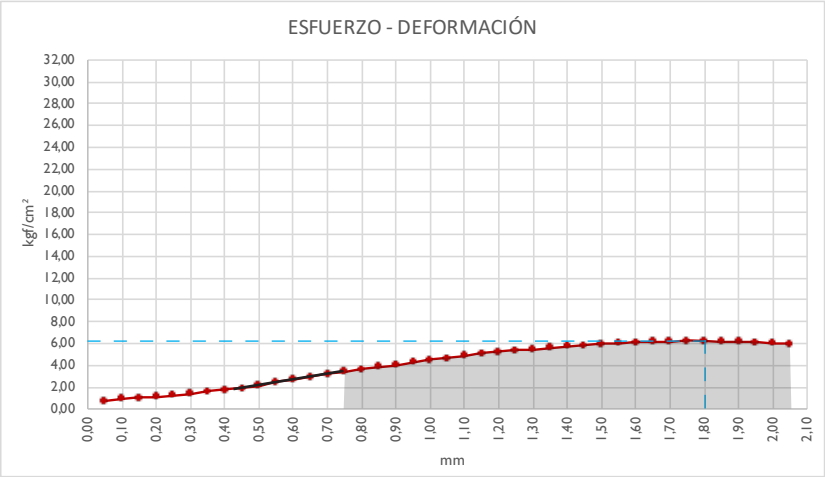
ANEXO A8

BLOQUE CON UN 25% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO GRUESO / ESPÉCIMEN: I / Valores a los 28 días																																																																																																		
PESO (kgf)	8,57																																																																																																	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,20																																																																																																
	a - 2	14,10																																																																																																
	a - 3	14,10																																																																																																
	a - 4	14,10																																																																																																
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,65																																																																																																
	b - 2	19,80																																																																																																
	b - 3	19,70																																																																																																
	b - 4	19,70																																																																																																
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,10																																																																																																
	c - 2	39,10																																																																																																
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50																																																																																																
	d - 2	2,50																																																																																																
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20																																																																																																
	e - 2	2,20																																																																																																
	e - 3	2,20																																																																																																
	e - 4	2,20																																																																																																
																																																																																																		
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm²)																																																																																																		
9,73																																																																																																		
ELASTICIDAD																																																																																																		
193,58																																																																																																		
Módulo Elástico (kgf/cm²)																																																																																																		
PLASTICIDAD (kgf/cm²)																																																																																																		
117,99																																																																																																		
DUCTILIDAD																																																																																																		
2,19																																																																																																		
					<table><tr><th colspan="2">DATOS DE LA PRENSA</th></tr><tr><th>(mm)</th><th>(kgf/cm²)</th></tr><tr><td>0,05</td><td>0,74</td></tr><tr><td>0,10</td><td>1,11</td></tr><tr><td>0,15</td><td>1,42</td></tr><tr><td>0,20</td><td>1,82</td></tr><tr><td>0,25</td><td>2,48</td></tr><tr><td>0,30</td><td>2,81</td></tr><tr><td>0,35</td><td>3,35</td></tr><tr><td>0,40</td><td>3,89</td></tr><tr><td>0,45</td><td>4,42</td></tr><tr><td>0,50</td><td>5,00</td></tr><tr><td>0,55</td><td>5,49</td></tr><tr><td>0,60</td><td>5,92</td></tr><tr><td>0,65</td><td>6,41</td></tr><tr><td>0,70</td><td>6,85</td></tr><tr><td>0,75</td><td>7,43</td></tr><tr><td>0,80</td><td>7,86</td></tr><tr><td>0,85</td><td>8,20</td></tr><tr><td>0,90</td><td>8,47</td></tr><tr><td>0,95</td><td>8,74</td></tr><tr><td>1,00</td><td>8,97</td></tr><tr><td>1,05</td><td>9,20</td></tr><tr><td>1,10</td><td>9,37</td></tr><tr><td>1,15</td><td>9,45</td></tr><tr><td>1,20</td><td>9,55</td></tr><tr><td>1,25</td><td>9,63</td></tr><tr><td>1,30</td><td>9,67</td></tr><tr><td>1,35</td><td>9,70</td></tr><tr><td>1,40</td><td>9,73</td></tr><tr><td>1,45</td><td>9,72</td></tr><tr><td>1,50</td><td>9,70</td></tr><tr><td>1,55</td><td>9,67</td></tr><tr><td>1,60</td><td>9,61</td></tr><tr><td>1,65</td><td>9,56</td></tr><tr><td>1,70</td><td>9,47</td></tr><tr><td>1,75</td><td>9,35</td></tr><tr><td>1,80</td><td></td></tr><tr><td>1,85</td><td></td></tr><tr><td>1,90</td><td></td></tr><tr><td>1,95</td><td></td></tr><tr><td>2,00</td><td></td></tr><tr><td>2,05</td><td></td></tr><tr><td>2,10</td><td></td></tr></table>					DATOS DE LA PRENSA		(mm)	(kgf/cm²)	0,05	0,74	0,10	1,11	0,15	1,42	0,20	1,82	0,25	2,48	0,30	2,81	0,35	3,35	0,40	3,89	0,45	4,42	0,50	5,00	0,55	5,49	0,60	5,92	0,65	6,41	0,70	6,85	0,75	7,43	0,80	7,86	0,85	8,20	0,90	8,47	0,95	8,74	1,00	8,97	1,05	9,20	1,10	9,37	1,15	9,45	1,20	9,55	1,25	9,63	1,30	9,67	1,35	9,70	1,40	9,73	1,45	9,72	1,50	9,70	1,55	9,67	1,60	9,61	1,65	9,56	1,70	9,47	1,75	9,35	1,80		1,85		1,90		1,95		2,00		2,05		2,10		
										DATOS DE LA PRENSA																																																																																								
										(mm)	(kgf/cm²)																																																																																							
										0,05	0,74																																																																																							
										0,10	1,11																																																																																							
										0,15	1,42																																																																																							
										0,20	1,82																																																																																							
										0,25	2,48																																																																																							
										0,30	2,81																																																																																							
										0,35	3,35																																																																																							
										0,40	3,89																																																																																							
										0,45	4,42																																																																																							
										0,50	5,00																																																																																							
										0,55	5,49																																																																																							
										0,60	5,92																																																																																							
										0,65	6,41																																																																																							
0,70	6,85																																																																																																	
0,75	7,43																																																																																																	
0,80	7,86																																																																																																	
0,85	8,20																																																																																																	
0,90	8,47																																																																																																	
0,95	8,74																																																																																																	
1,00	8,97																																																																																																	
1,05	9,20																																																																																																	
1,10	9,37																																																																																																	
1,15	9,45																																																																																																	
1,20	9,55																																																																																																	
1,25	9,63																																																																																																	
1,30	9,67																																																																																																	
1,35	9,70																																																																																																	
1,40	9,73																																																																																																	
1,45	9,72																																																																																																	
1,50	9,70																																																																																																	
1,55	9,67																																																																																																	
1,60	9,61																																																																																																	
1,65	9,56																																																																																																	
1,70	9,47																																																																																																	
1,75	9,35																																																																																																	
1,80																																																																																																		
1,85																																																																																																		
1,90																																																																																																		
1,95																																																																																																		
2,00																																																																																																		
2,05																																																																																																		
2,10																																																																																																		



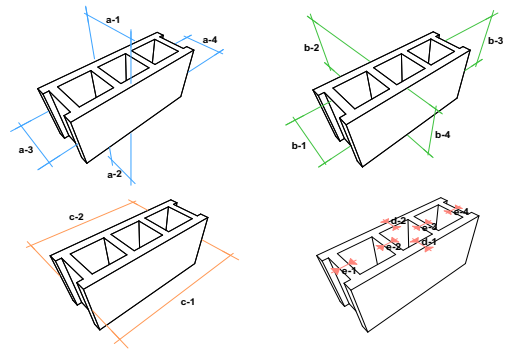
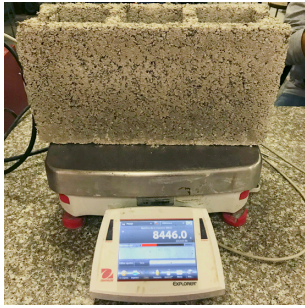
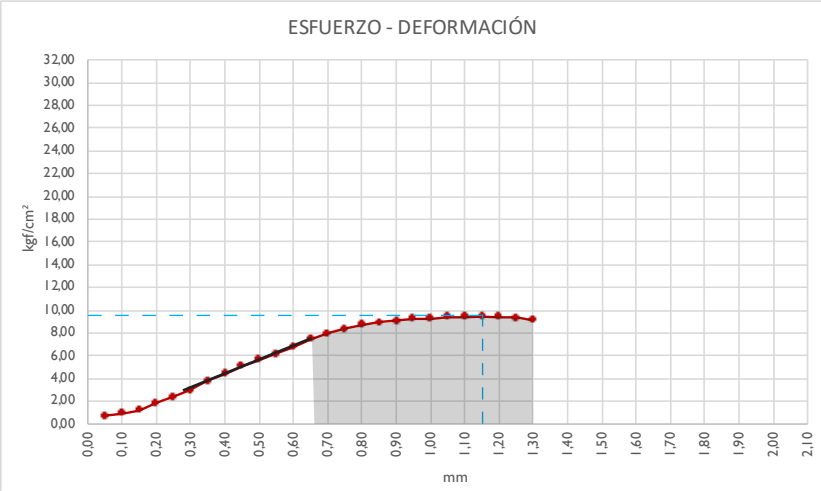
## ANEXO A9

### BLOQUE CON UN 25% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO GRUESO / ESPÉCIMEN: 2 / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	9,03				DATOS DE LA PRENSA	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,10			(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
ALTURA - b (cm)	a - 2	14,00	0,05	0,73		
	a - 3	13,90	0,10	0,97		
	a - 4	14,00	0,15	1,05		
	b - 1	19,60	0,20	1,13		
LONGITUD - c (cm)	b - 2	19,70	0,25	1,26		
	b - 3	19,40	0,30	1,43		
	b - 4	19,50	0,35	1,58		
	c - 1	39,00	0,40	1,75		
ESPESOR CARA - d (cm)	c - 2	39,00	0,45	1,89		
	d - 1	2,50	0,50	2,12		
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	d - 2	2,50	0,55	2,48		
	e - 1	2,30	0,60	2,69		
	e - 2	2,20	0,65	2,93		
	e - 3	2,20	0,70	3,18		
	e - 4	2,30	0,75	3,42		
			0,80	3,63		
					0,85	3,86
					0,90	4,04
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> ) 6,23					0,95	4,27
					1,00	4,49
ELASTICIDAD 76,50					1,05	4,67
					1,10	4,91
Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> ) 50,28					1,15	5,07
					1,20	5,23
DUCTILIDAD 2,73					1,25	5,36
					1,30	5,47
					1,35	5,61
					1,40	5,71
					1,45	5,83
					1,50	5,95
					1,55	6,05
					1,60	6,11
					1,65	6,16
					1,70	6,21
					1,75	6,22
					1,80	6,23
					1,85	6,22
					1,90	6,19
					1,95	6,13
					2,00	6,07
					2,05	5,95
					2,10	



ANEXO A10

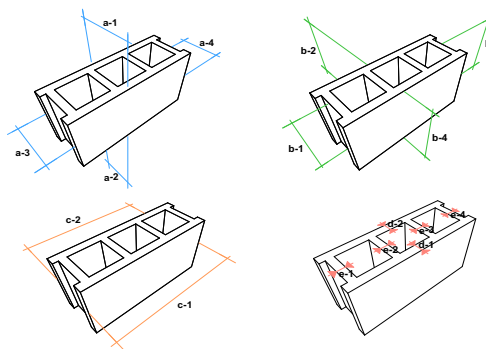
BLOQUE CON UN 25% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO GRUESO / ESPÉCIMEN: 2 / Valores a los 28 días				
PESO (kgf)	8,45			
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,20		
	a - 2	14,10		
	a - 3	14,10		
	a - 4	14,10		
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,20		
	b - 2	20,20		
	b - 3	20,20		
	b - 4	20,20		
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,40		
	c - 2	39,10		
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50		
	d - 2	2,60		
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20		
	e - 2	2,30		
	e - 3	2,30		
	e - 4	2,20		
			DATOS DE LA PRENSA	
			(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
			0,05	0,74
			0,10	0,91
			0,15	1,23
			0,20	1,87
			0,25	2,38
			0,30	2,97
			0,35	3,79
			0,40	4,39
			0,45	5,09
			0,50	5,64
			0,55	6,18
			0,60	6,80
			0,65	7,47
			0,70	7,96
			0,75	8,36
			0,80	8,71
			0,85	8,91
			0,90	9,03
			0,95	9,24
			1,00	9,31
			1,05	9,42
			1,10	9,39
			1,15	9,43
			1,20	9,39
			1,25	9,32
			1,30	9,16
			1,35	
			1,40	
			1,45	
			1,50	
			1,55	
			1,60	
			1,65	
			1,70	
			1,75	
			1,80	
			1,85	
			1,90	
			1,95	
			2,00	
			2,05	
			2,10	
			ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	
			9,43	
			ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	
			232,04	
			PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	
			76,94	
			DUCTILIDAD	
			2,00	



## ANEXO A I I

### BLOQUE CON UN 25% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO GRUESO / ESPÉCIMEN: 3 / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	9,47	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,20
	a - 2	14,10
	a - 3	14,20
	a - 4	14,00
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,70
	b - 2	19,70
	b - 3	19,90
	b - 4	19,80
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00
	c - 2	39,10
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,60
	d - 2	2,50
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20
	e - 2	2,20
	e - 3	2,20
	e - 4	2,20

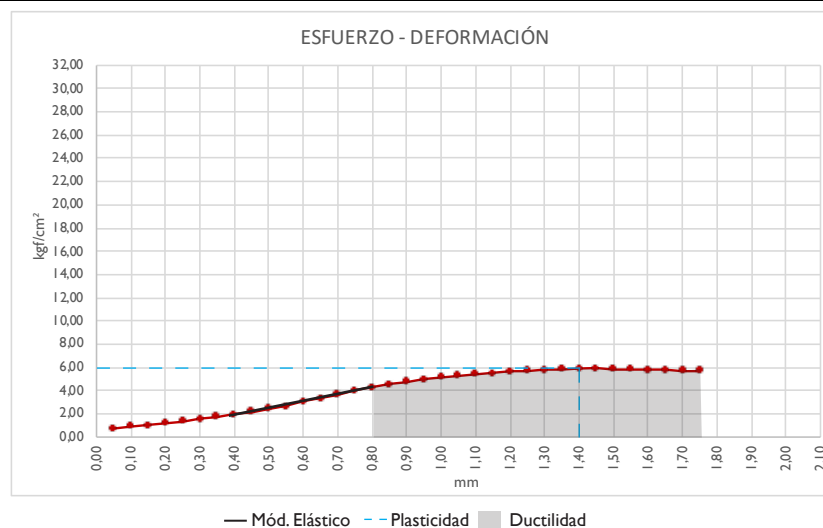


#### DATOS DE LA PRENSA

(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,74
0,10	0,91
0,15	1,04
0,20	1,19
0,25	1,36
0,30	1,57
0,35	1,77
0,40	1,98
0,45	2,15
0,50	2,44
0,55	2,68
0,60	3,05
0,65	3,34
0,70	3,68
0,75	3,98
0,80	4,26
0,85	4,54
0,90	4,79
0,95	4,97
1,00	5,13
1,05	5,28
1,10	5,41
1,15	5,53
1,20	5,63
1,25	5,72
1,30	5,81
1,35	5,85
1,40	5,91
1,45	5,89
1,50	5,88
1,55	5,85
1,60	5,80
1,65	5,76
1,70	5,73
1,75	5,68
1,80	
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	



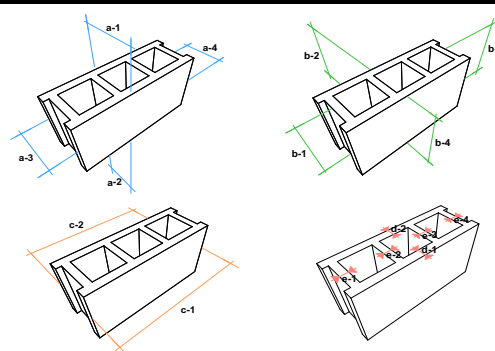

ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	5,91
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	105,42
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	29,65
DUCTILIDAD	2,19







ANEXO A12

BLOQUE CON UN 25% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO GRUESO / ESPÉCIMEN: 3 / Valores a los 28 días				
PESO (kgf)	8,50			
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,20		
	a - 2	14,20		
	a - 3	14,20		
	a - 4	14,20		
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,20		
	b - 2	20,00		
	b - 3	20,10		
	b - 4	20,10		
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,10		
	c - 2	39,00		
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50		
	d - 2	2,50		
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20		
	e - 2	2,20		
	e - 3	2,30		
	e - 4	2,20		
			DATOS DE LA PRENSA	
<p>ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm²) 9,12</p> <p>ELASTICIDAD 311,88</p> <p>Módulo Elástico (kgf/cm²)</p> <p>PLASTICIDAD 46,77</p> <p>DUCTILIDAD 2,67</p>			(mm)	(kgf/cm²)
			0,05	0,73
			0,10	1,44
			0,15	2,28
			0,20	3,01
			0,25	3,95
			0,30	4,69
			0,35	5,42
			0,40	6,28
			0,45	6,98
			0,50	7,46
			0,55	7,86
			0,60	8,26
			0,65	8,55
			0,70	8,77
			0,75	8,94
			0,80	9,02
			0,85	9,11
			0,90	9,12
			0,95	9,09
			1,00	9,08
			1,05	9,01
			1,10	8,96
			1,15	8,84
			1,20	8,77
			1,25	
			1,30	
			1,35	
			1,40	
			1,45	
			1,50	
			1,55	
			1,60	
			1,65	
			1,70	
			1,75	
			1,80	
			1,85	
			1,90	
			1,95	
			2,00	
			2,05	
			2,10	

## ANEXO A13

**BLOQUE CON UN 15% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO GRUESO / ESPÉCIMEN: I / Valores a los 7 días**

PESO (kgf)	9,82	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,20
	a - 2	14,00
	a - 3	13,90
	a - 4	14,00
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,00
	b - 2	19,70
	b - 3	19,70
	b - 4	19,70
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50
	d - 2	2,50
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20
	e - 2	2,30
	e - 3	2,30
	e - 4	2,20

Diagrama de un bloque de hormigón con dimensiones a, b, c, d, e. Las dimensiones a, b, c, d, e se refieren a las medidas de ancho, altura, longitud, espesor de cara y espesor de tabique, respectivamente. Las dimensiones a, b, c, d, e se miden en cm.

DATOS DE LA PRESA	
(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,73
0,10	0,96
0,15	1,16
0,20	1,41
0,25	1,74
0,30	2,13
0,35	2,51
0,40	2,84
0,45	3,18
0,50	3,49
0,55	3,87
0,60	4,23
0,65	4,59
0,70	4,88
0,75	5,17
0,80	5,51
0,85	5,79
0,90	6,05
0,95	6,26
1,00	6,48
1,05	6,68
1,10	6,76
1,15	6,93
1,20	7,05
1,25	7,19
1,30	7,31
1,35	7,40
1,40	7,47
1,45	7,51
1,50	7,55
1,55	7,56
1,60	7,57
1,65	7,58
1,70	7,55
1,75	7,49
1,80	7,46
1,85	7,36
1,90	7,25
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	

Fotografía de un bloque de hormigón sobre una balanza.

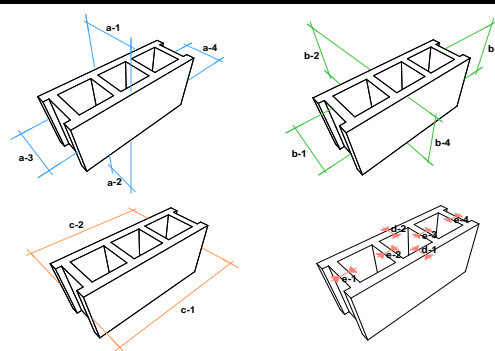
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	7,58
ELASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	139,78
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	57,03
DUCTILIDAD	2,92

ESFUERZO - DEFORMACIÓN

Gráfico de Esfuerzo - Deformación. El eje vertical representa el Esfuerzo en kgf/cm<sup>2</sup> (rango 0,00 a 32,00) y el eje horizontal representa la Deformación en mm (rango 0,00 a 2,10). La curva muestra la relación entre esfuerzo y deformación. Se indican tres regiones: Mód. Elástico (línea recta), Plasticidad (línea curva) y Ductilidad (zona sombreada).

— Mód. Elástico - - Plasticidad ■ Ductilidad


## ANEXO A14

BLOQUE CON UN 15% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO GRUESO / ESPÉCIMEN: I / Valores a los 28 días				
PESO (kgf)	8,98			
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,10		
	a - 2	14,00		
	a - 3	14,00		
	a - 4	14,10		
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,70		
	b - 2	19,40		
	b - 3	19,60		
	b - 4	19,60		
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,10		
	c - 2	39,30		
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50		
	d - 2	2,50		
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,30		
	e - 2	2,20		
	e - 3	2,20		
	e - 4	2,30		

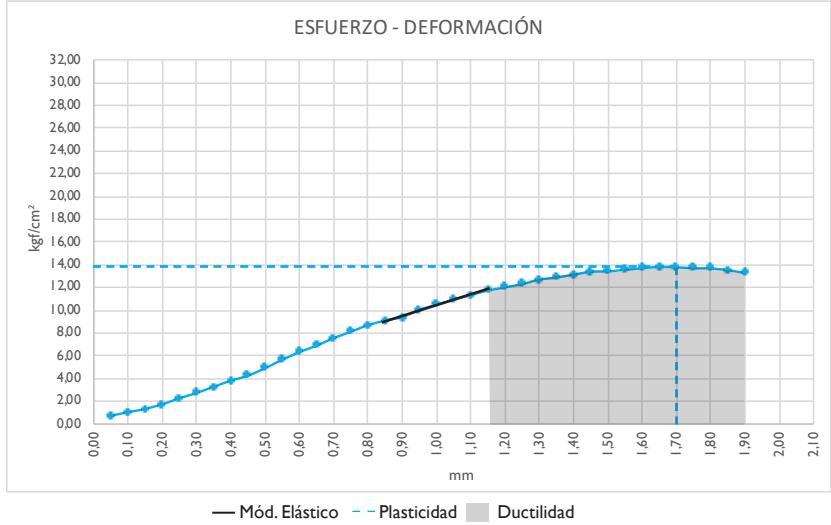
DATOS DE LA PRENSA	
(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,73
0,10	0,98
0,15	1,31
0,20	1,72
0,25	2,23
0,30	2,75
0,35	3,23
0,40	3,76
0,45	4,30
0,50	4,97
0,55	5,67
0,60	6,39
0,65	6,93
0,70	7,55
0,75	8,16
0,80	8,63
0,85	9,05
0,90	9,37
0,95	10,03
1,00	10,50
1,05	10,91
1,10	11,27
1,15	11,75
1,20	12,03
1,25	12,35
1,30	12,66
1,35	12,90
1,40	13,13
1,45	13,38
1,50	13,46
1,55	13,59
1,60	13,74
1,65	13,76
1,70	13,77
1,75	13,74
1,80	13,70
1,85	13,54
1,90	13,32
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	

	ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	13,77
	ELASTICIDAD	200,06
	Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	67,64
	DUCTILIDAD	1,65

ESFUERZO - DEFORMACIÓN

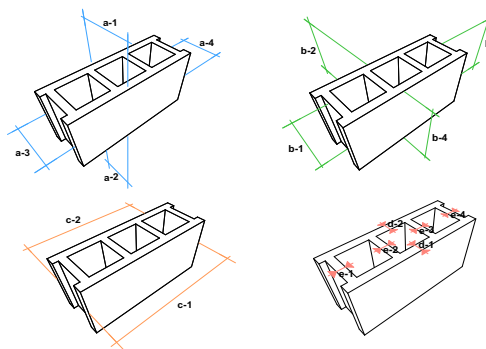


— Mód. Elástico    - - - Plasticidad    ■ Ductilidad

## S DE LA PRENSA

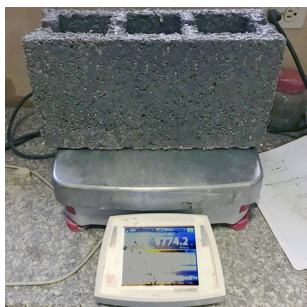
**BLOQUE CON UN 15% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO GRUESO / ESPÉCIMEN: 2 / Valores a los 7 días**

PESO (kgf)	9,77	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,10
	a - 2	14,00
	a - 3	13,80
	a - 4	14,00
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,10
	b - 2	20,10
	b - 3	20,00
	b - 4	20,00
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00
	c - 2	39,00
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,60
	d - 2	2,50
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,30
	e - 2	2,20
	e - 3	2,20
	e - 4	2,30

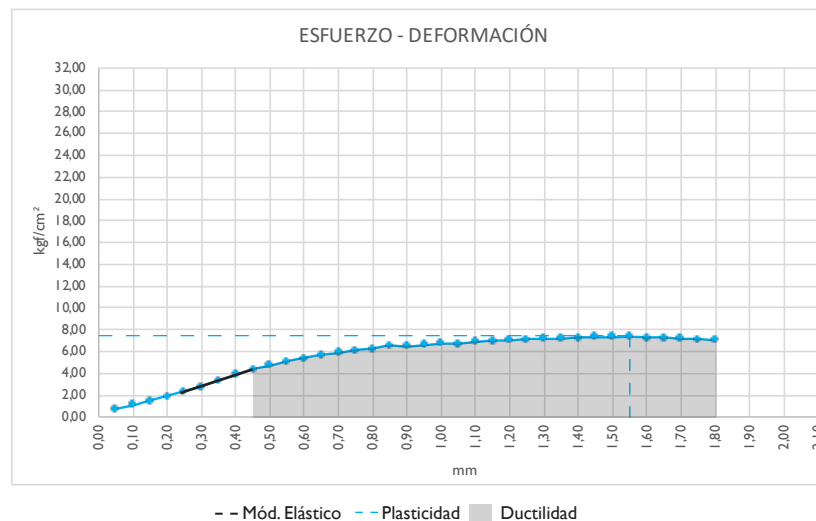


## DATOS DE LA PRENSA

(mm)	(kg/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,74
0,10	1,13
0,15	1,44
0,20	1,93
0,25	2,34
0,30	2,79
0,35	3,33
0,40	3,84
0,45	4,33
0,50	4,74
0,55	5,06
0,60	5,36
0,65	5,67
0,70	5,88
0,75	6,09
0,80	6,25
0,85	6,53
0,90	6,48
0,95	6,59
1,00	6,77
1,05	6,72
1,10	6,87
1,15	6,96
1,20	7,08
1,25	7,13
1,30	7,18
1,35	7,23
1,40	7,29
1,45	7,34
1,50	7,35
1,55	7,36
1,60	7,30
1,65	7,28
1,70	7,21
1,75	7,14
1,80	7,06
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	

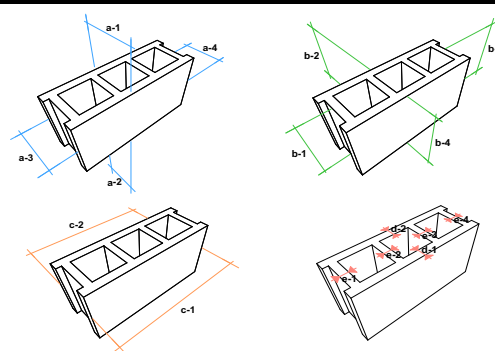


ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	7,36
ELASTICIDAD	193,05
Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	53,95
DUCTILIDAD	4,00





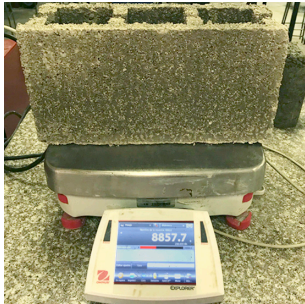
## ANEXO A16

BLOQUE CON UN 15% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO GRUESO / ESPÉCIMEN: 2 / Valores a los 28 días			
PESO (kgf)	8,86		
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,10	
	a - 2	14,00	
	a - 3	14,00	
	a - 4	14,10	
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,90	
	b - 2	19,60	
	b - 3	19,70	
	b - 4	19,80	
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,10	
	c - 2	39,30	
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50	
	d - 2	2,60	
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,30	
	e - 2	2,30	
	e - 3	2,20	
	e - 4	2,30	

DATOS DE LA PRENSA	
(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,73
0,10	1,11
0,15	1,48
0,20	2,02
0,25	2,69
0,30	3,50
0,35	4,45
0,40	5,37
0,45	6,51
0,50	7,58
0,55	8,60
0,60	9,66
0,65	10,56
0,70	11,35
0,75	11,95
0,80	12,63
0,85	13,12
0,90	13,71
0,95	14,05
1,00	14,37
1,05	14,62
1,10	14,86
1,15	15,00
1,20	15,18
1,25	15,17
1,30	15,22
1,35	15,18
1,40	15,09
1,45	15,12
1,50	15,03
1,55	14,91
1,60	14,64
1,65	
1,70	
1,75	
1,80	
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	

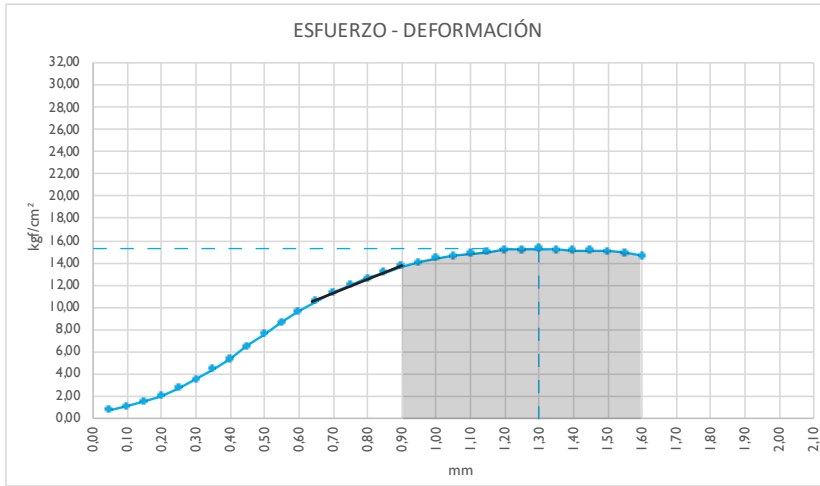
  



ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	15,22
ELASTICIDAD	300,81
Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	71,18
DUCTILIDAD	1,78

ESFUERZO - DEFORMACIÓN

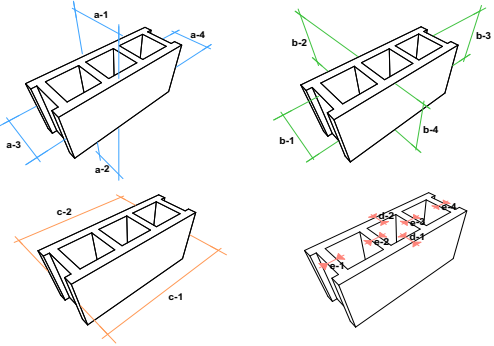


— Mód. Elástico — Plasticidad Ductilidad

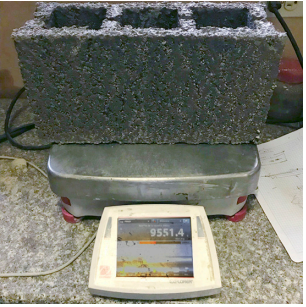


## ANEXO A17

### BLOQUE CON UN 15% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO GRUESO / ESPÉCIMEN: 3 / Valores a los 7 días

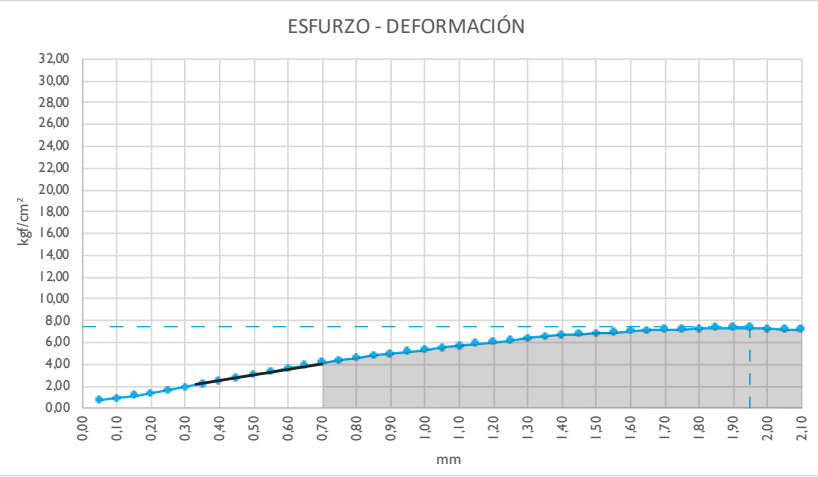
PESO (kgf)	9,55				DATOS DE LA PRENSA	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,30			(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
	a - 2	14,10			0,05	0,71
	a - 3	14,00			0,10	0,87
	a - 4	14,00			0,15	1,09
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,70			0,20	1,33
	b - 2	19,50			0,25	1,62
	b - 3	19,30			0,30	1,93
	b - 4	19,70			0,35	2,22
LONGITUD - c (cm)	c - 1	38,80			0,40	2,46
	c - 2	39,20			0,45	2,78
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,60			0,50	3,04
	d - 2	2,60			0,55	3,30
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,30			0,60	3,62
	e - 2	2,30			0,65	3,88
	e - 3	2,30			0,70	4,15
	e - 4	2,30			0,75	4,40

	
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	7,31
ELASTICIDAD	
Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	115,96
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	47,57
DUCTILIDAD	3,00

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



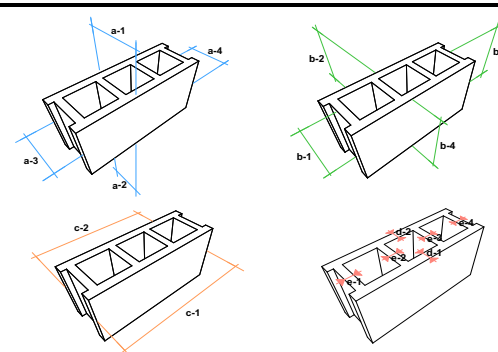
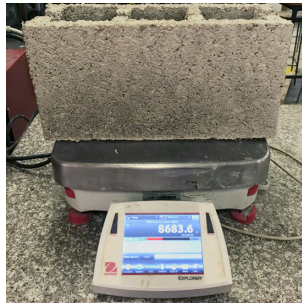
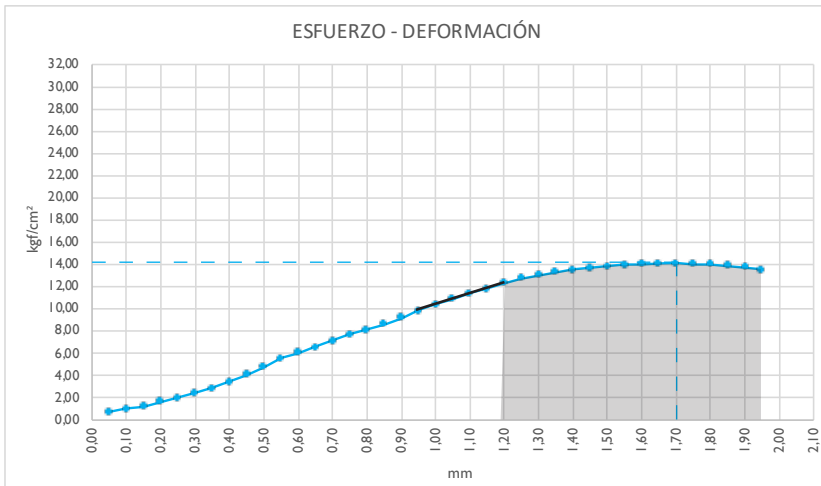
— Mód. Elástico - - Plasticidad Ductilidad

0,05	0,71
0,10	0,87
0,15	1,09
0,20	1,33
0,25	1,62
0,30	1,93
0,35	2,22
0,40	2,46
0,45	2,78
0,50	3,04
0,55	3,30
0,60	3,62
0,65	3,88
0,70	4,15
0,75	4,40
0,80	4,58
0,85	4,77
0,90	4,97
0,95	5,18
1,00	5,35
1,05	5,53
1,10	5,71
1,15	5,88
1,20	6,04
1,25	6,21
1,30	6,38
1,35	6,55
1,40	6,66
1,45	6,75
1,50	6,85
1,55	6,94
1,60	7,04
1,65	7,10
1,70	7,16
1,75	7,23
1,80	7,28
1,85	7,31
1,90	7,31
1,95	7,31
2,00	7,24
2,05	7,21
2,10	7,16



## ANEXO A18

BLOQUE CON UN 15% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO GRUESO / ESPÉCIMEN: 3 / Valores a los 28 días																																																																																										
PESO (kgf)	8,68																																																																																									
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,10																																																																																								
	a - 2	14,00																																																																																								
	a - 3	14,10																																																																																								
	a - 4	14,10																																																																																								
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,80																																																																																								
	b - 2	20,00																																																																																								
	b - 3	20,10																																																																																								
	b - 4	20,00																																																																																								
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,10																																																																																								
	c - 2	39,20																																																																																								
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50																																																																																								
	d - 2	2,50																																																																																								
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,30																																																																																								
	e - 2	2,30																																																																																								
	e - 3	2,30																																																																																								
	e - 4	2,20																																																																																								
			<div>DATOS DE LA PRENSA</div> <table><thead><tr><th>(mm)</th><th>(kgf/cm²)</th></tr></thead><tbody><tr><td>0,05</td><td>0,74</td></tr><tr><td>0,10</td><td>0,99</td></tr><tr><td>0,15</td><td>1,20</td></tr><tr><td>0,20</td><td>1,65</td></tr><tr><td>0,25</td><td>2,00</td></tr><tr><td>0,30</td><td>2,44</td></tr><tr><td>0,35</td><td>2,83</td></tr><tr><td>0,40</td><td>3,42</td></tr><tr><td>0,45</td><td>4,11</td></tr><tr><td>0,50</td><td>4,77</td></tr><tr><td>0,55</td><td>5,57</td></tr><tr><td>0,60</td><td>6,09</td></tr><tr><td>0,65</td><td>6,60</td></tr><tr><td>0,70</td><td>7,12</td></tr><tr><td>0,75</td><td>7,71</td></tr><tr><td>0,80</td><td>8,10</td></tr><tr><td>0,85</td><td>8,60</td></tr><tr><td>0,90</td><td>9,23</td></tr><tr><td>0,95</td><td>9,82</td></tr><tr><td>1,00</td><td>10,39</td></tr><tr><td>1,05</td><td>10,91</td></tr><tr><td>1,10</td><td>11,41</td></tr><tr><td>1,15</td><td>11,83</td></tr><tr><td>1,20</td><td>12,32</td></tr><tr><td>1,25</td><td>12,72</td></tr><tr><td>1,30</td><td>13,03</td></tr><tr><td>1,35</td><td>13,31</td></tr><tr><td>1,40</td><td>13,55</td></tr><tr><td>1,45</td><td>13,71</td></tr><tr><td>1,50</td><td>13,86</td></tr><tr><td>1,55</td><td>13,96</td></tr><tr><td>1,60</td><td>14,04</td></tr><tr><td>1,65</td><td>14,10</td></tr><tr><td>1,70</td><td>14,10</td></tr><tr><td>1,75</td><td>14,07</td></tr><tr><td>1,80</td><td>14,00</td></tr><tr><td>1,85</td><td>13,88</td></tr><tr><td>1,90</td><td>13,72</td></tr><tr><td>1,95</td><td>13,53</td></tr><tr><td>2,00</td><td></td></tr><tr><td>2,05</td><td></td></tr><tr><td>2,10</td><td></td></tr></tbody></table>		(mm)	(kgf/cm²)	0,05	0,74	0,10	0,99	0,15	1,20	0,20	1,65	0,25	2,00	0,30	2,44	0,35	2,83	0,40	3,42	0,45	4,11	0,50	4,77	0,55	5,57	0,60	6,09	0,65	6,60	0,70	7,12	0,75	7,71	0,80	8,10	0,85	8,60	0,90	9,23	0,95	9,82	1,00	10,39	1,05	10,91	1,10	11,41	1,15	11,83	1,20	12,32	1,25	12,72	1,30	13,03	1,35	13,31	1,40	13,55	1,45	13,71	1,50	13,86	1,55	13,96	1,60	14,04	1,65	14,10	1,70	14,10	1,75	14,07	1,80	14,00	1,85	13,88	1,90	13,72	1,95	13,53	2,00		2,05		2,10	
(mm)	(kgf/cm²)																																																																																									
0,05	0,74																																																																																									
0,10	0,99																																																																																									
0,15	1,20																																																																																									
0,20	1,65																																																																																									
0,25	2,00																																																																																									
0,30	2,44																																																																																									
0,35	2,83																																																																																									
0,40	3,42																																																																																									
0,45	4,11																																																																																									
0,50	4,77																																																																																									
0,55	5,57																																																																																									
0,60	6,09																																																																																									
0,65	6,60																																																																																									
0,70	7,12																																																																																									
0,75	7,71																																																																																									
0,80	8,10																																																																																									
0,85	8,60																																																																																									
0,90	9,23																																																																																									
0,95	9,82																																																																																									
1,00	10,39																																																																																									
1,05	10,91																																																																																									
1,10	11,41																																																																																									
1,15	11,83																																																																																									
1,20	12,32																																																																																									
1,25	12,72																																																																																									
1,30	13,03																																																																																									
1,35	13,31																																																																																									
1,40	13,55																																																																																									
1,45	13,71																																																																																									
1,50	13,86																																																																																									
1,55	13,96																																																																																									
1,60	14,04																																																																																									
1,65	14,10																																																																																									
1,70	14,10																																																																																									
1,75	14,07																																																																																									
1,80	14,00																																																																																									
1,85	13,88																																																																																									
1,90	13,72																																																																																									
1,95	13,53																																																																																									
2,00																																																																																										
2,05																																																																																										
2,10																																																																																										
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm²)			14,10																																																																																							
ELASTICIDAD			205,07																																																																																							
Módulo Elástico (kgf/cm²)																																																																																										
PLASTICIDAD (kgf/cm²)			66,78																																																																																							
DUCTILIDAD			1,63																																																																																							
																																																																																										
— Mód. Elástico    - - - Plasticidad    Ductilidad																																																																																										



## ANEXO A19

### BLOQUE CON UN 5% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO GRUESO / ESPÉCIMEN: I / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	9,75				DATOS DE LA PRENSA	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,00			(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
ALTURA - b (cm)	a - 2	13,90			0,05	0,77
	a - 3	13,60			0,10	0,96
	a - 4	13,90			0,15	1,11
	b - 1	19,70			0,20	1,32
LONGITUD - c (cm)	b - 2	19,70			0,25	1,53
	b - 3	19,40			0,30	1,76
	b - 4	19,70			0,35	2,00
	c - 1	38,80			0,40	2,23
ESPESOR CARA - d (cm)	c - 2	38,80			0,45	2,51
	d - 1	2,50			0,50	2,73
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	d - 2	2,50			0,55	3,00
	e - 1	2,20			0,60	3,44
	e - 2	2,20			0,65	3,85
	e - 3	2,20			0,70	4,31
	e - 4	2,20			0,75	4,86

ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	12,54
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	146,17
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	84,87
DUCTILIDAD	1,68

ESFUERZO - DEFORMACIÓN

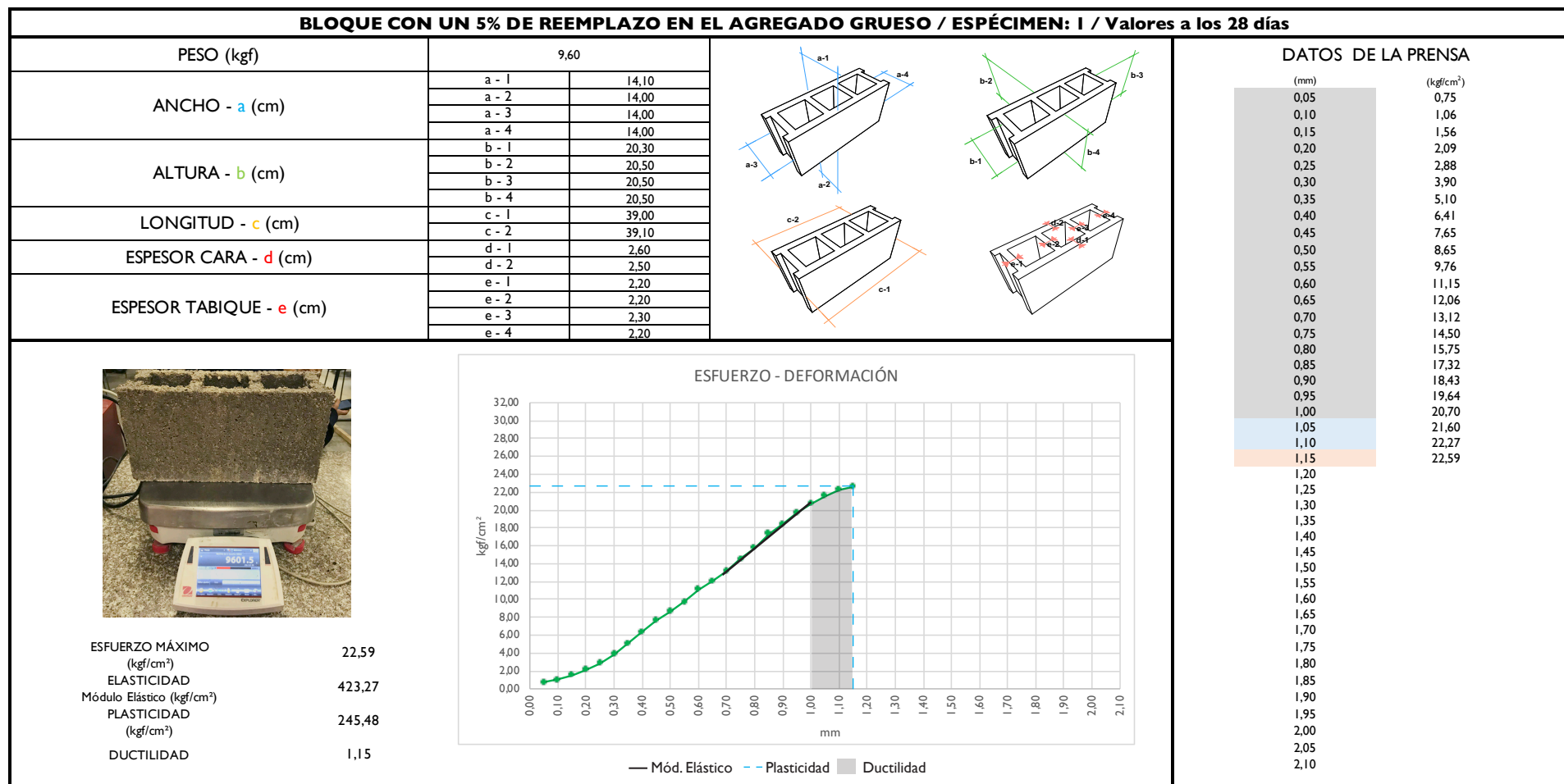
-- Mód. Elástico    - - Plasticidad    ■ Ductilidad

0,05	0,77
0,10	0,96
0,15	1,11
0,20	1,32
0,25	1,53
0,30	1,76
0,35	2,00
0,40	2,23
0,45	2,51
0,50	2,73
0,55	3,00
0,60	3,44
0,65	3,85
0,70	4,31
0,75	4,86
0,80	5,32
0,85	5,90
0,90	6,40
0,95	6,84
1,00	7,18
1,05	7,63
1,10	8,06
1,15	8,48
1,20	8,84
1,25	9,31
1,30	9,65
1,35	10,04
1,40	10,45
1,45	10,76
1,50	11,08
1,55	11,36
1,60	11,66
1,65	11,92
1,70	12,07
1,75	12,21
1,80	12,36
1,85	12,43
1,90	12,49
1,95	12,54
2,00	12,53
2,05	12,47
2,10	12,38



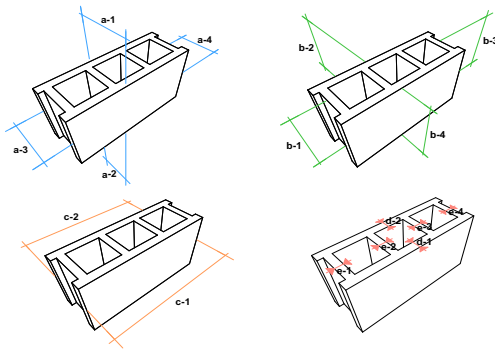
## ANEXO A20






## ANEXO A21

### BLOQUE CON UN 5% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO GRUESO / ESPÉCIMEN: 2 / Valores a los 7 días

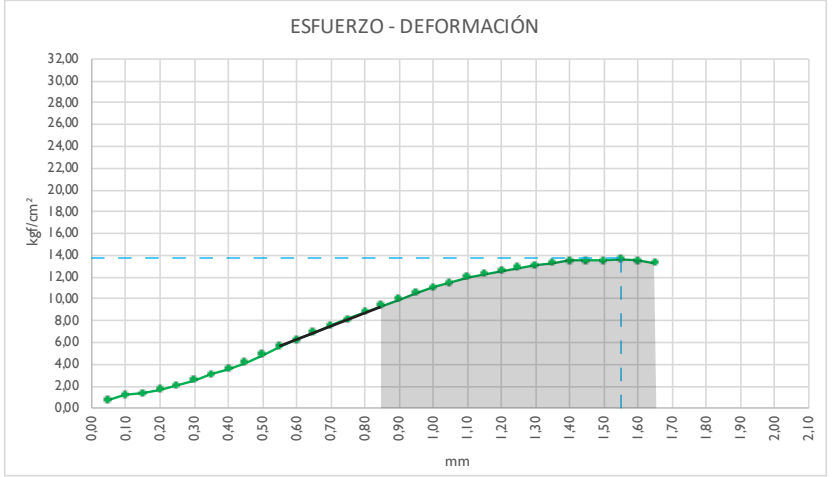
PESO (kgf)	10,26				DATOS DE LA PRENSA	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,10			(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
	a - 2	14,00			0,05	0,74
	a - 3	14,00			0,10	1,16
ALTURA - b (cm)	a - 4	14,00			0,15	1,36
	b - 1	20,00			0,20	1,66
	b - 2	19,90			0,25	2,05
	b - 3	19,90			0,30	2,52
LONGITUD - c (cm)	b - 4	19,70			0,35	3,03
	c - 1	38,80			0,40	3,54
ESPESOR CARA - d (cm)	c - 2	39,00			0,45	4,18
	d - 1	2,60			0,50	4,87
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	d - 2	2,50			0,55	5,59
	e - 1	2,20			0,60	6,26
	e - 2	2,30			0,65	6,88
	e - 3	2,20			0,70	7,53
	e - 4	2,20			0,75	8,17
					0,80	8,79

	
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	13,63
ELASTICIDAD	219,84
Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	114,85
DUCTILIDAD	1,94

ESFUERZO - DEFORMACIÓN

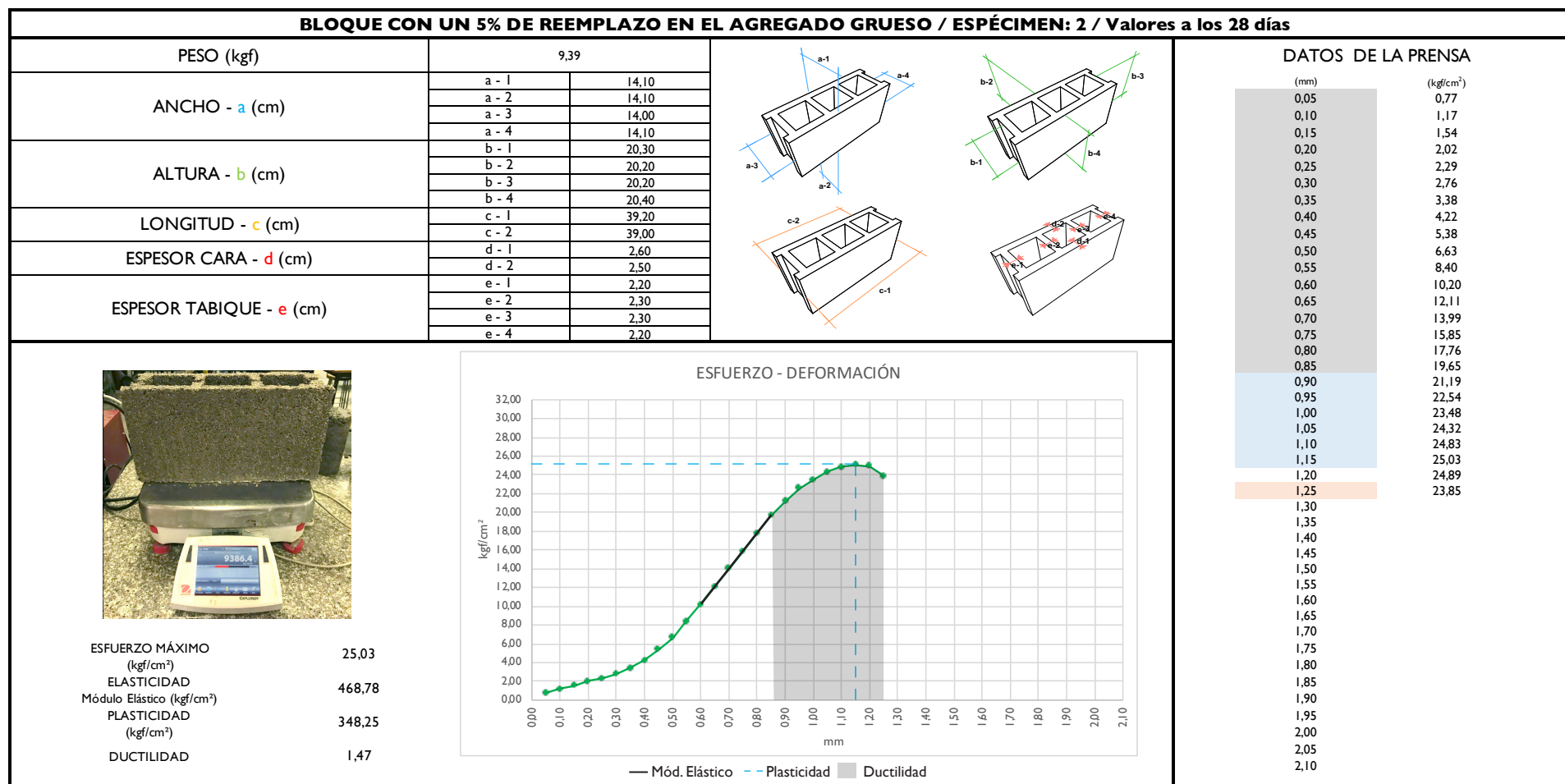


— Mód. Elástico — Plasticidad ■ Ductilidad

0,05	0,74
0,10	1,16
0,15	1,36
0,20	1,66
0,25	2,05
0,30	2,52
0,35	3,03
0,40	3,54
0,45	4,18
0,50	4,87
0,55	5,59
0,60	6,26
0,65	6,88
0,70	7,53
0,75	8,17
0,80	8,79
0,85	9,40
0,90	9,96
0,95	10,56
1,00	11,05
1,05	11,49
1,10	11,99
1,15	12,28
1,20	12,56
1,25	12,87
1,30	13,10
1,35	13,31
1,40	13,48
1,45	13,54
1,50	13,51
1,55	13,63
1,60	13,53
1,65	13,27
1,70	
1,75	
1,80	
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	

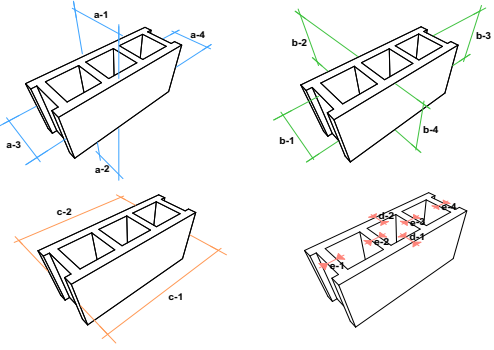
## ANEXO A22






## ANEXO A23

### BLOQUE CON UN 5% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO GRUESO / ESPÉCIMEN: 3 / Valores a los 7 días

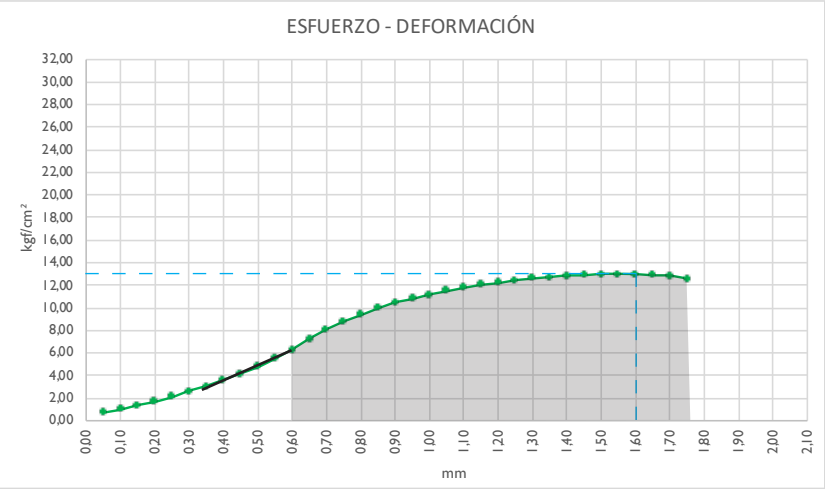
PESO (kgf)	10,29				DATOS DE LA PRENSA	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,10			(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
	a - 2	14,10			0,05	0,71
	a - 3	14,10			0,10	1,01
ALTURA - b (cm)	a - 4	14,10			0,15	1,36
	b - 1	20,40			0,20	1,70
	b - 2	20,40			0,25	2,09
	b - 3	20,40			0,30	2,61
LONGITUD - c (cm)	b - 4	20,40			0,35	3,01
	c - 1	39,00			0,40	3,57
ESPESOR CARA - d (cm)	c - 2	39,00			0,45	4,19
	d - 1	2,60			0,50	4,78
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	d - 2	2,60			0,55	5,46
	e - 1	2,30			0,60	6,25
	e - 2	2,30			0,65	7,25
	e - 3	2,20			0,70	8,07
	e - 4	2,20			0,75	8,78

	
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	12,99
ELASTICIDAD	212,65
Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	133,44
DUCTILIDAD	2,92

ESFUERZO - DEFORMACIÓN

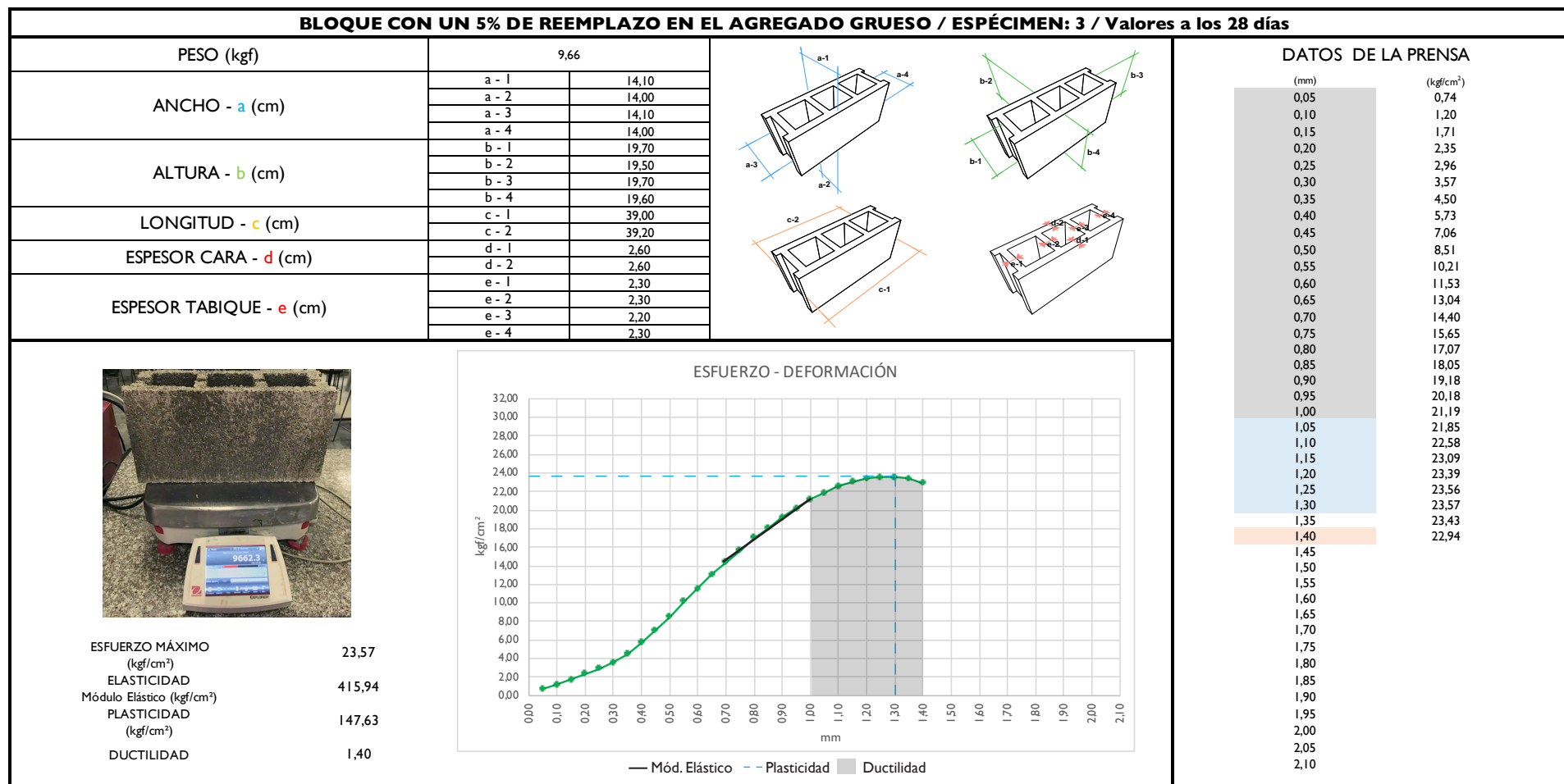


— Mód. Elástico    - - - Plasticidad    ■ Ductilidad





## ANEXO A24

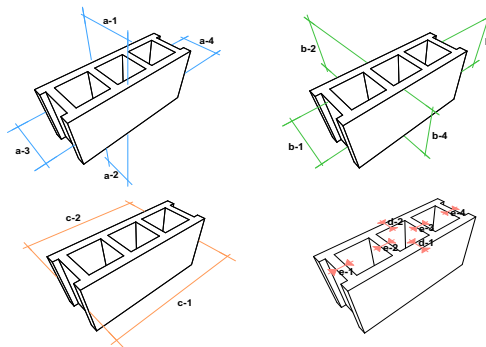




## ANEXO A25

### BLOQUE CON UN 25% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: I / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	8,91	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,30
	a - 2	14,20
	a - 3	14,10
	a - 4	14,10
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,00
	b - 2	20,20
	b - 3	20,10
	b - 4	20,00
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00
	c - 2	39,00
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50
	d - 2	2,50
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20
	e - 2	2,20
	e - 3	2,20
	e - 4	2,20

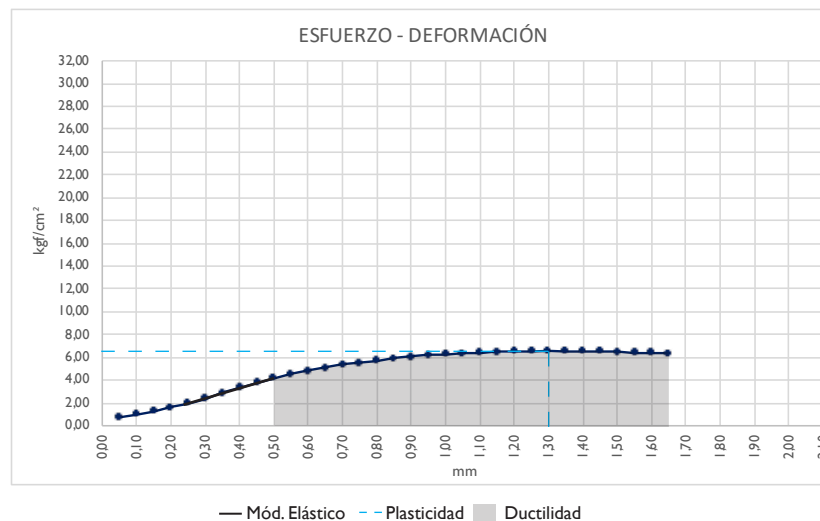


#### DATOS DE LA PRENSA

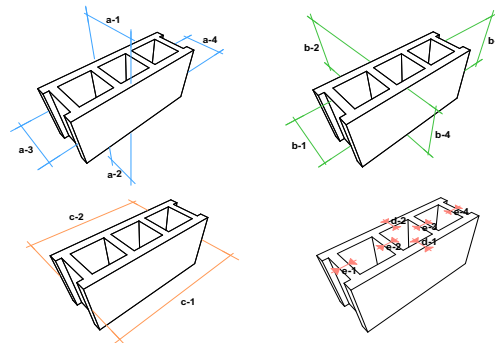
(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,74
0,10	0,98
0,15	1,28
0,20	1,61
0,25	1,98
0,30	2,38
0,35	2,89
0,40	3,34
0,45	3,78
0,50	4,19
0,55	4,50
0,60	4,82
0,65	5,10
0,70	5,36
0,75	5,54
0,80	5,73
0,85	5,90
0,90	6,04
0,95	6,17
1,00	6,28
1,05	6,35
1,10	6,42
1,15	6,47
1,20	6,51
1,25	6,55
1,30	6,57
1,35	6,54
1,40	6,52
1,45	6,52
1,50	6,48
1,55	6,43
1,60	6,38
1,65	6,31
1,70	
1,75	
1,80	
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	



ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	6,57
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	168,29
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	58,16
DUCTILIDAD	3,30




## ANEXO A26

BLOQUE CON UN 25% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: I / Valores a los 28 días				
PESO (kgf)	8,46			
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,10		
	a - 2	14,10		
	a - 3	14,10		
	a - 4	14,10		
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,70		
	b - 2	19,90		
	b - 3	19,80		
	b - 4	19,80		
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,10		
	c - 2	39,10		
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50		
	d - 2	2,60		
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20		
	e - 2	2,30		
	e - 3	2,30		
	e - 4	2,20		

DATOS DE LA PRENSA	
(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,75
0,10	1,03
0,15	1,22
0,20	1,47
0,25	1,89
0,30	2,61
0,35	3,57
0,40	4,45
0,45	5,49
0,50	6,37
0,55	7,26
0,60	8,27
0,65	9,16
0,70	10,11
0,75	10,77
0,80	11,39
0,85	11,96
0,90	12,44
0,95	12,75
1,00	13,00
1,05	13,18
1,10	13,32
1,15	13,38
1,20	13,35
1,25	13,29
1,30	13,11
1,35	12,97
1,40	12,76
1,45	
1,50	
1,55	
1,60	
1,65	
1,70	
1,75	
1,80	
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	

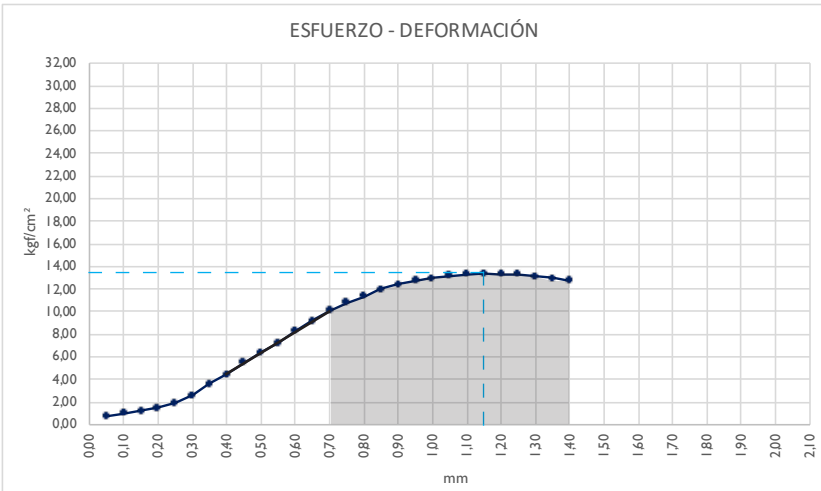
  



ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	13,38
ELASTICIDAD	286,07
Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	138,77
DUCTILIDAD	2,00

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



— Mód. Elástico — Plasticidad ■ Ductilidad



## ANEXO A27

### BLOQUE CON UN 25% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: 2 / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	9,07				DATOS DE LA PRENSA	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,30			(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
	a - 2	14,20			0,05	0,73
	a - 3	14,00			0,10	0,98
ALTURA - b (cm)	a - 4	14,00			0,15	1,21
	b - 1	20,00			0,20	1,42
	b - 2	19,90			0,25	1,70
	b - 3	20,00			0,30	2,02
LONGITUD - c (cm)	b - 4	19,80			0,35	2,36
	c - 1	39,00			0,40	2,74
ESPESOR CARA - d (cm)	c - 2	39,00			0,45	3,13
	d - 1	2,50			0,50	3,53
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	d - 2	2,60			0,55	3,95
	e - 1	2,30			0,60	4,38
	e - 2	2,30			0,65	4,76
	e - 3	2,20			0,70	5,06
	e - 4	2,30			0,75	5,36
					0,80	5,62
					0,85	5,86
					0,90	6,06
					0,95	6,25
					1,00	6,38
					1,05	6,51
					1,10	6,60
					1,15	6,68
					1,20	6,73
					1,25	6,74
					1,30	6,77
					1,35	6,75
					1,40	6,72
					1,45	6,62
					1,50	6,55
					1,55	
					1,60	
					1,65	
					1,70	
					1,75	
					1,80	
					1,85	
					1,90	
					1,95	
					2,00	
					2,05	
					2,10	

ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm<sup>2</sup>) 6,77

ELASTICIDAD 145,54

Módulo Elástico (kgf/cm<sup>2</sup>)

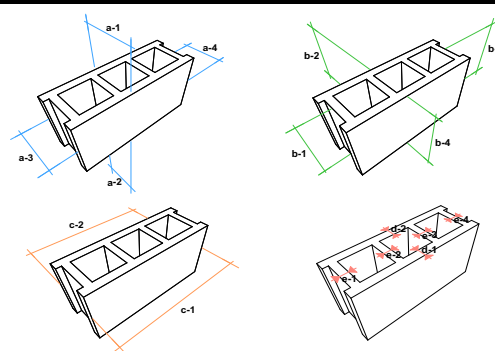
PLASTICIDAD 65,86

(kgf/cm<sup>2</sup>)

DUCTILIDAD 2,50




## ANEXO A28

BLOQUE CON UN 25% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: 2 / Valores a los 28 días			
PESO (kgf)	8,10		
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,00	
	a - 2	14,10	
	a - 3	14,00	
	a - 4	14,10	
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,70	
	b - 2	19,80	
	b - 3	19,80	
	b - 4	19,50	
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00	
	c - 2	39,10	
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50	
	d - 2	2,50	
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,30	
	e - 2	2,30	
	e - 3	2,30	
	e - 4	2,20	

DATOS DE LA PRENSA	
(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,73
0,10	1,06
0,15	1,37
0,20	1,77
0,25	2,36
0,30	2,99
0,35	3,85
0,40	4,91
0,45	6,06
0,50	7,03
0,55	8,15
0,60	8,99
0,65	9,85
0,70	10,55
0,75	11,15
0,80	11,61
0,85	12,13
0,90	12,44
0,95	12,73
1,00	12,97
1,05	13,16
1,10	13,34
1,15	13,47
1,20	13,48
1,25	13,59
1,30	13,64
1,35	13,73
1,40	13,58
1,45	13,45
1,50	13,21
1,55	
1,60	
1,65	
1,70	
1,75	
1,80	
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	

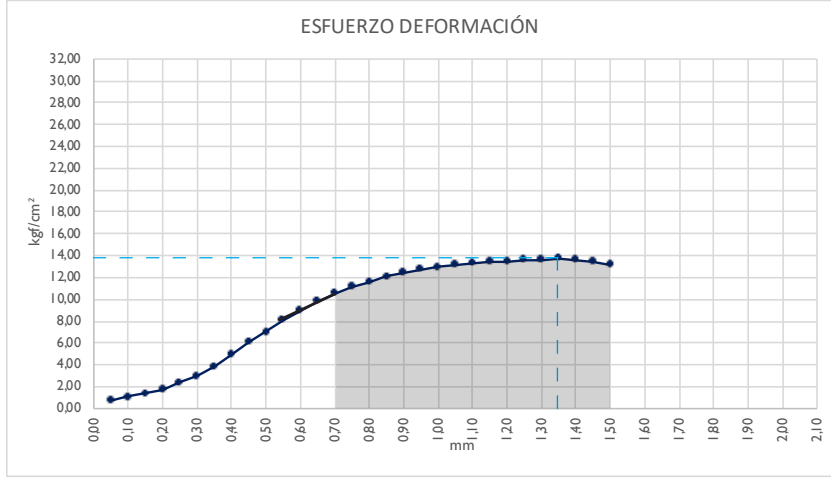
  



ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	13,73
ELASTICIDAD	296,79
Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	93,02
DUCTILIDAD	2,14

ESFUERZO DEFORMACIÓN



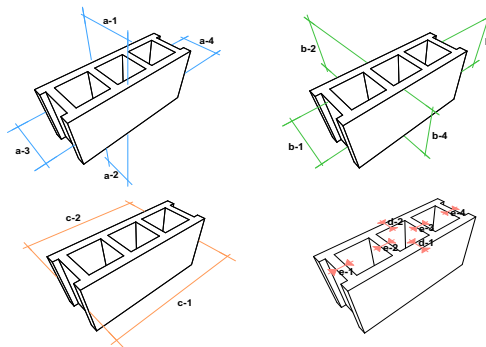
— Mód. Elástico — Plasticidad ■ Ductilidad



## ANEXO A29

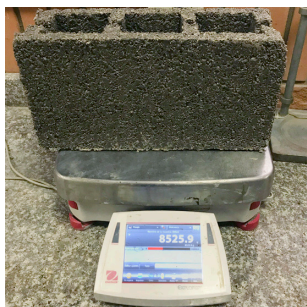
### BLOQUE CON UN 25% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: 3 / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	8,53	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,00
	a - 2	14,00
	a - 3	13,90
	a - 4	14,10
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,90
	b - 2	19,80
	b - 3	19,40
	b - 4	19,80
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00
	c - 2	38,90
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50
	d - 2	2,50
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20
	e - 2	2,20
	e - 3	2,30
	e - 4	2,20

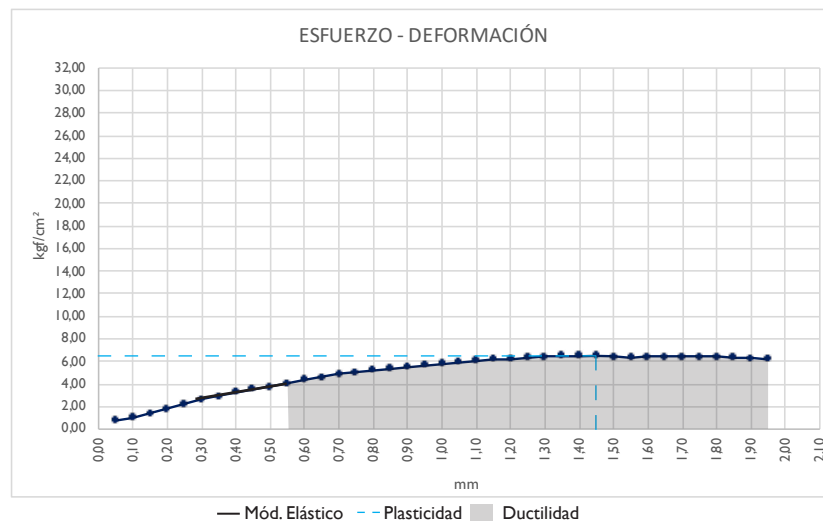


#### DATOS DE LA PRENSA

(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,76
0,10	1,06
0,15	1,41
0,20	1,77
0,25	2,22
0,30	2,62
0,35	2,94
0,40	3,28
0,45	3,52
0,50	3,77
0,55	4,04
0,60	4,37
0,65	4,58
0,70	4,86
0,75	5,04
0,80	5,21
0,85	5,38
0,90	5,54
0,95	5,65
1,00	5,78
1,05	5,94
1,10	6,09
1,15	6,21
1,20	6,24
1,25	6,35
1,30	6,42
1,35	6,47
1,40	6,49
1,45	6,49
1,50	6,45
1,55	6,37
1,60	6,41
1,65	6,45
1,70	6,46
1,75	6,44
1,80	6,40
1,85	6,36
1,90	6,28
1,95	6,23
2,00	
2,05	
2,10	

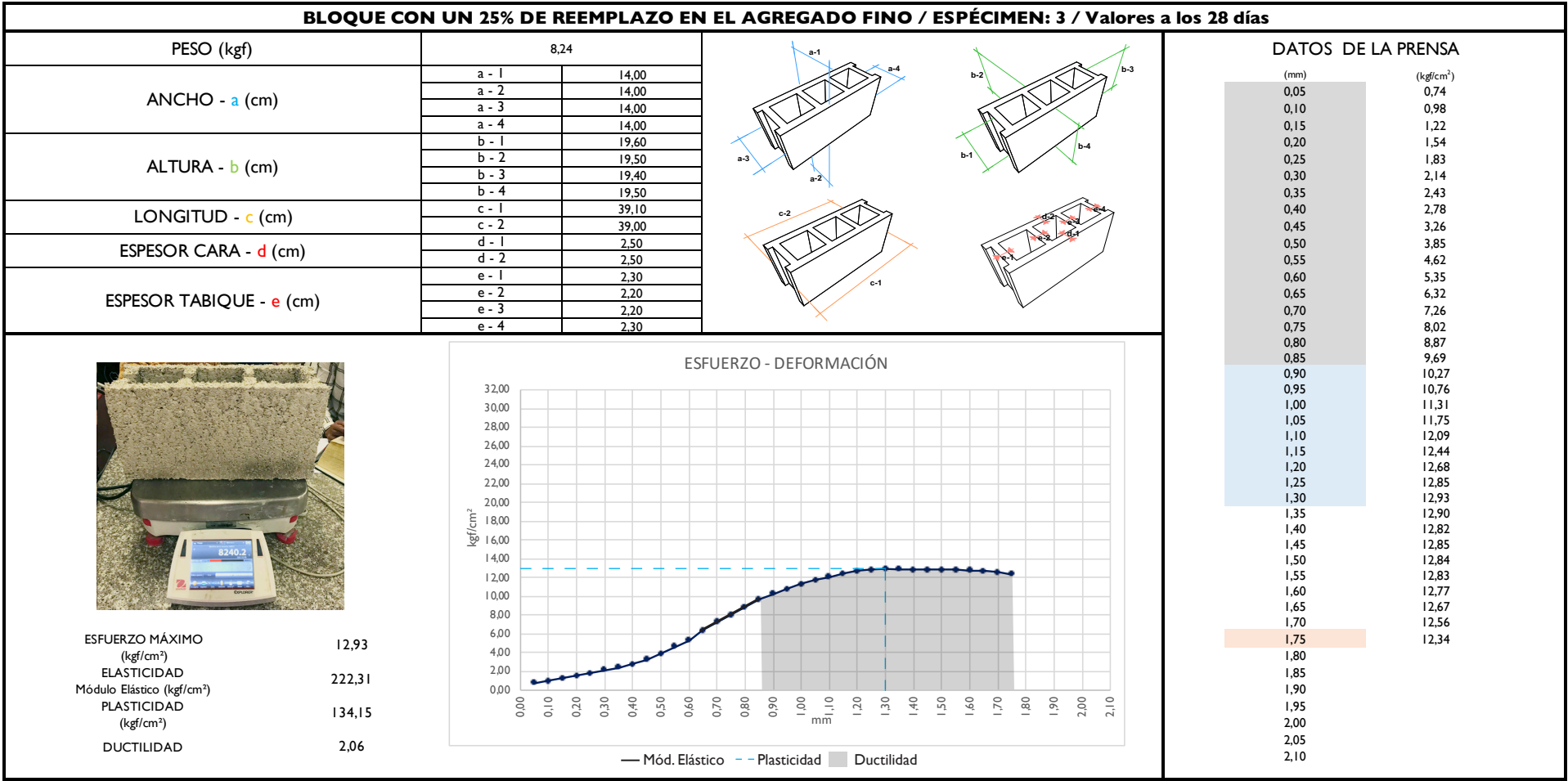


ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	6,49
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	144,83
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	52,31
DUCTILIDAD	3,55





ANEXO A30

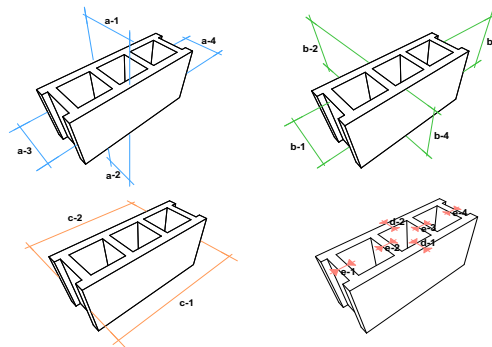




## ANEXO A3I

### BLOQUE CON UN 15% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: I / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	9,23	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,20
	a - 2	14,10
	a - 3	13,90
	a - 4	14,00
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,00
	b - 2	19,70
	b - 3	19,90
	b - 4	19,90
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00
	c - 2	38,90
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,40
	d - 2	2,50
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20
	e - 2	2,30
	e - 3	2,30
	e - 4	2,20

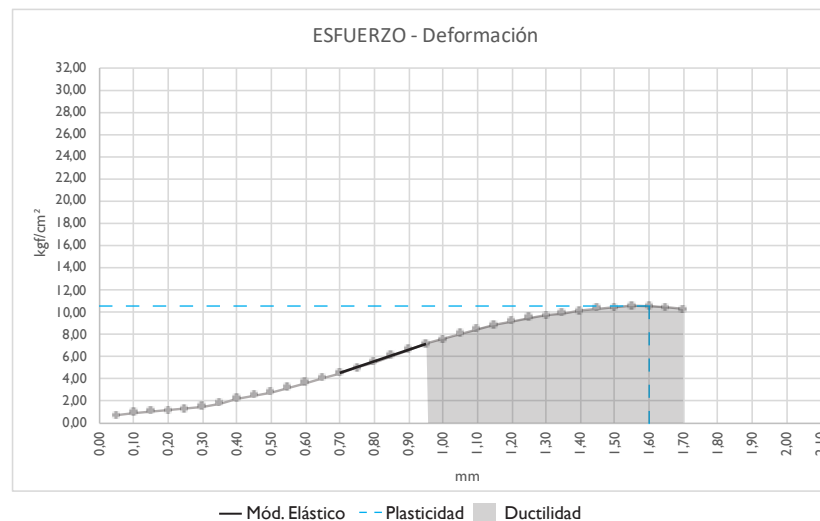


#### DATOS DE LA PRENSA

(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,74
0,10	0,98
0,15	1,10
0,20	1,19
0,25	1,33
0,30	1,51
0,35	1,82
0,40	2,21
0,45	2,53
0,50	2,83
0,55	3,24
0,60	3,65
0,65	4,12
0,70	4,49
0,75	5,03
0,80	5,51
0,85	6,10
0,90	6,65
0,95	7,14
1,00	7,57
1,05	8,04
1,10	8,49
1,15	8,89
1,20	9,24
1,25	9,49
1,30	9,72
1,35	9,90
1,40	10,17
1,45	10,35
1,50	10,45
1,55	10,55
1,60	10,55
1,65	10,44
1,70	10,28
1,75	
1,80	
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	



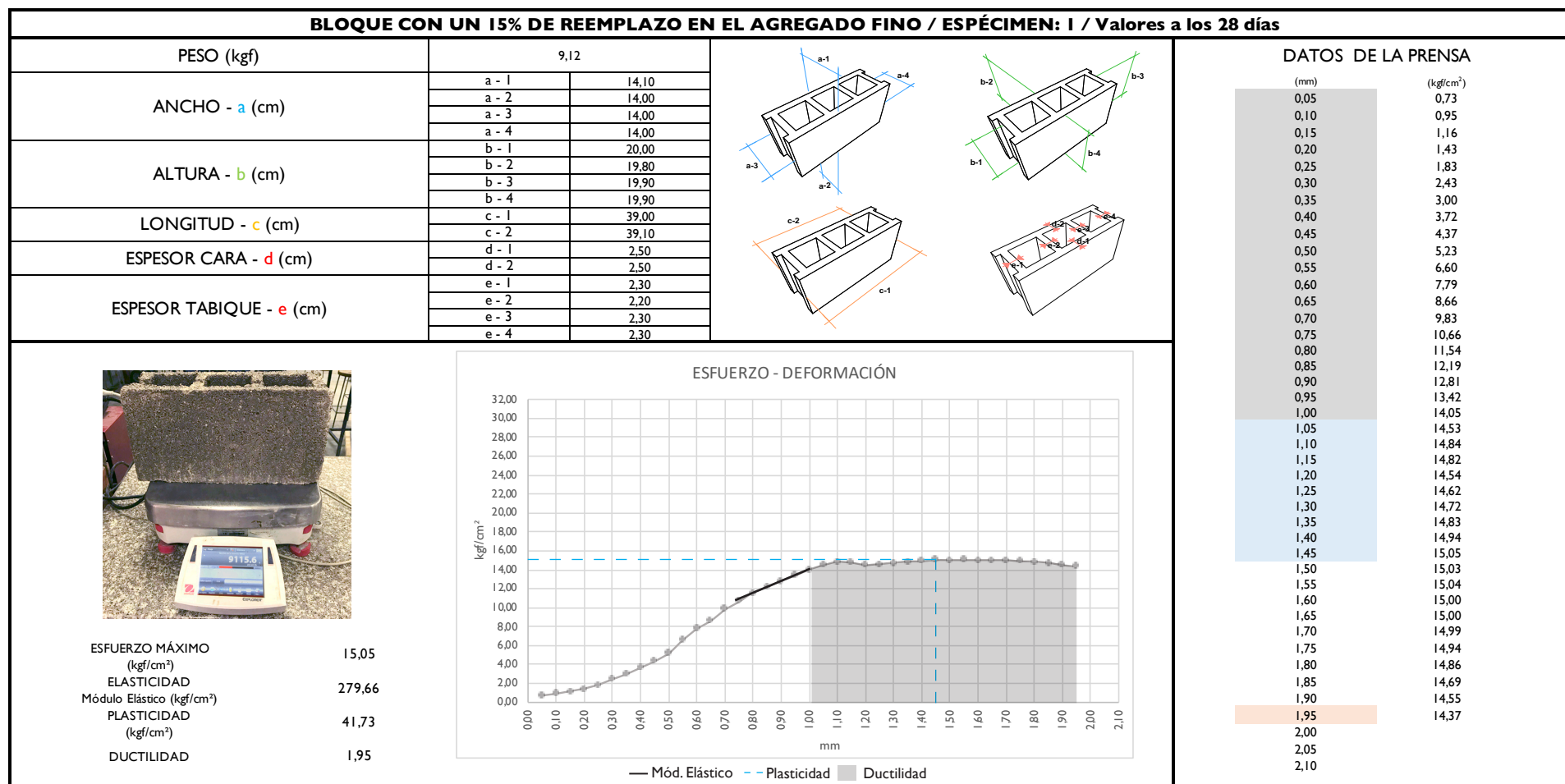
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	10,55
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	149,44
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	99,27
DUCTILIDAD	1,79







## ANEXO A32





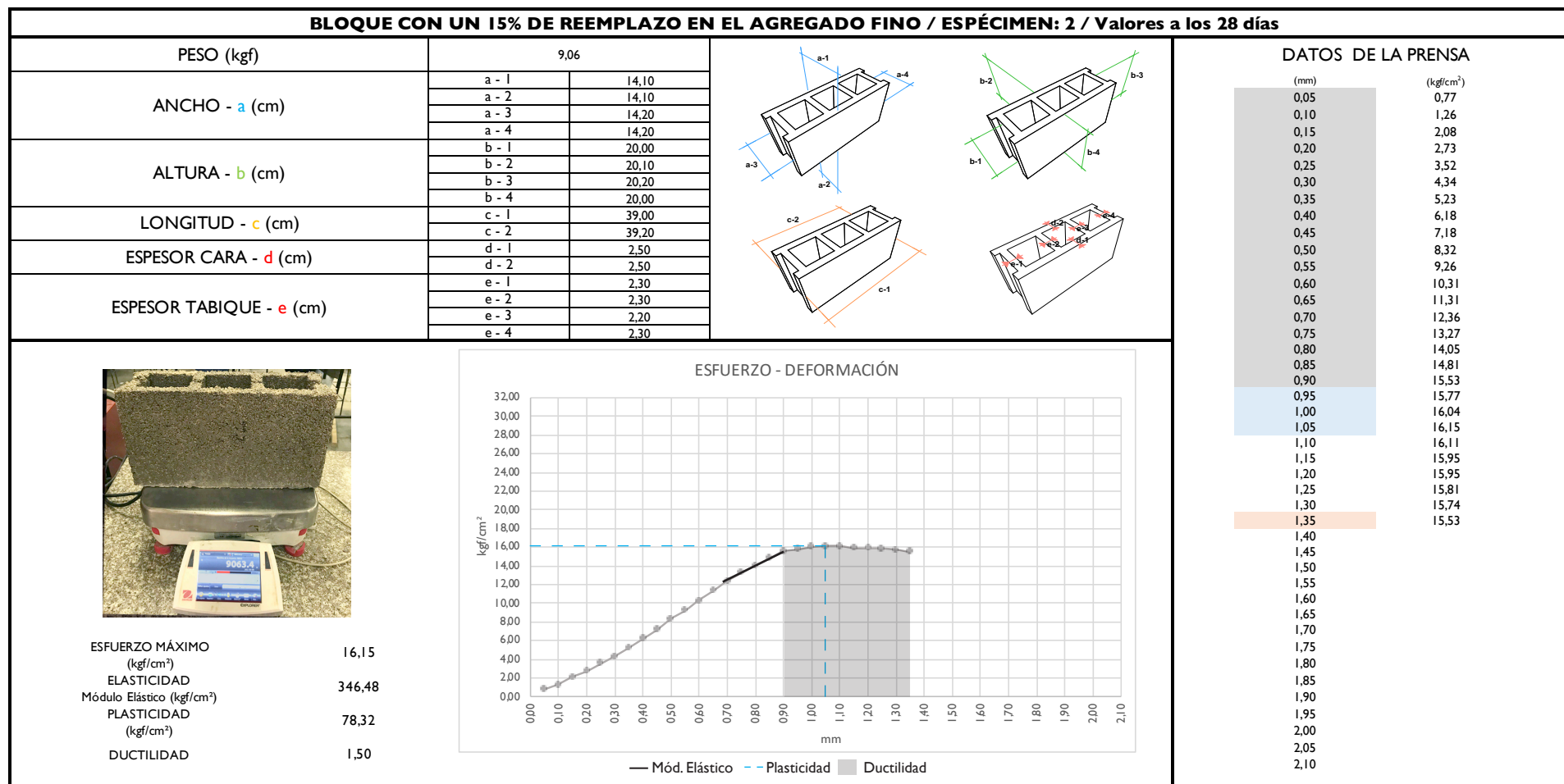
## ANEXO A33

### BLOQUE CON UN 15% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: 2 / Valores a los 7 días

PESO (kgf)		9,21				DATOS DE LA PRENSA	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,00	(mm)			(kgf/cm²)	
	a - 2	14,00	0,05			0,74	
	a - 3	14,00	0,10			1,06	
	a - 4	14,00	0,15	1,34			
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,20	0,20	1,61			
	b - 2	20,00	0,25	1,85			
	b - 3	19,90	0,30	2,11			
	b - 4	20,30	0,35	2,49			
LONGITUD - c (cm)	c - 1	38,80	0,40	3,01			
	c - 2	39,00	0,45	3,60			
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50	0,50	4,10			
	d - 2	2,40	0,55	4,62			
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20	0,60	5,05			
	e - 2	2,20	0,65	5,45			
	e - 3	2,20	0,70	6,01			
	e - 4	2,20	0,75	6,39			
						0,80	6,80
						0,85	6,98
						0,90	7,32
						0,95	7,56
						1,00	7,79
						1,05	8,00
						1,10	8,15
						1,15	8,31
						1,20	8,37
						1,25	8,44
1,30	8,46						
1,35	8,47						
1,40	8,43						
1,45	8,37						
1,50	8,29						
1,55	8,15						
1,60							
1,65							
1,70							
1,75							
1,80							
1,85							
1,90							
1,95							
2,00							
2,05							
2,10							



## ANEXO A34

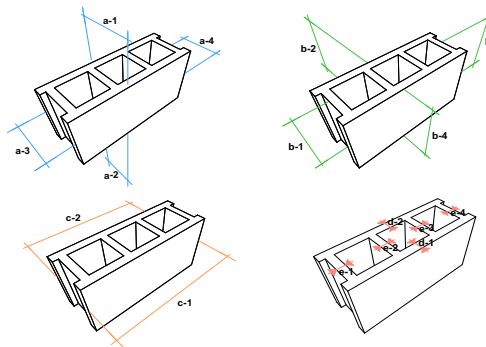




## ANEXO A35

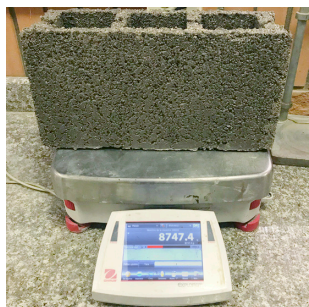
### BLOQUE CON UN 15% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: 3 / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	8,75	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,00
	a - 2	14,00
	a - 3	13,90
	a - 4	14,00
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,70
	b - 2	19,70
	b - 3	19,70
	b - 4	19,50
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00
	c - 2	39,00
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50
	d - 2	2,50
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20
	e - 2	2,30
	e - 3	2,30
	e - 4	2,30

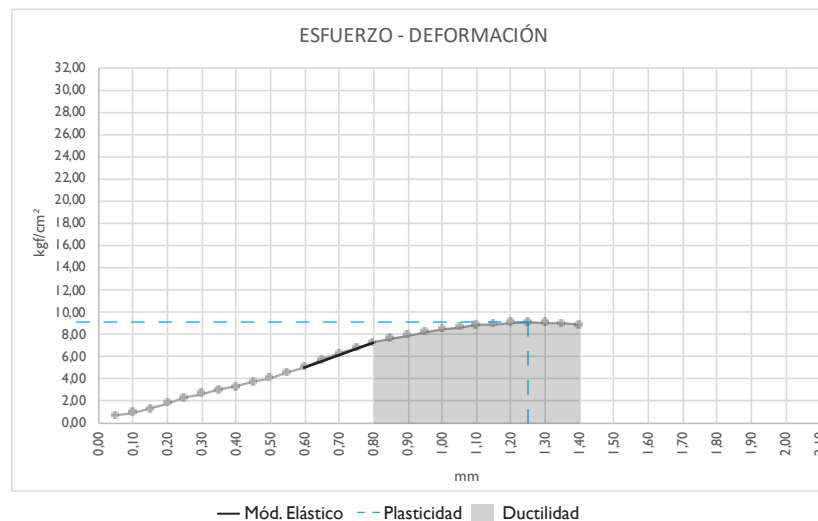


#### DATOS DE LA PRENSA

(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,73
0,10	0,92
0,15	1,33
0,20	1,83
0,25	2,28
0,30	2,66
0,35	2,99
0,40	3,27
0,45	3,74
0,50	4,10
0,55	4,59
0,60	5,07
0,65	5,70
0,70	6,29
0,75	6,80
0,80	7,29
0,85	7,62
0,90	7,91
0,95	8,19
1,00	8,48
1,05	8,67
1,10	8,85
1,15	8,95
1,20	9,06
1,25	9,11
1,30	9,09
1,35	8,99
1,40	8,84
1,45	
1,50	
1,55	
1,60	
1,65	
1,70	
1,75	
1,80	
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	

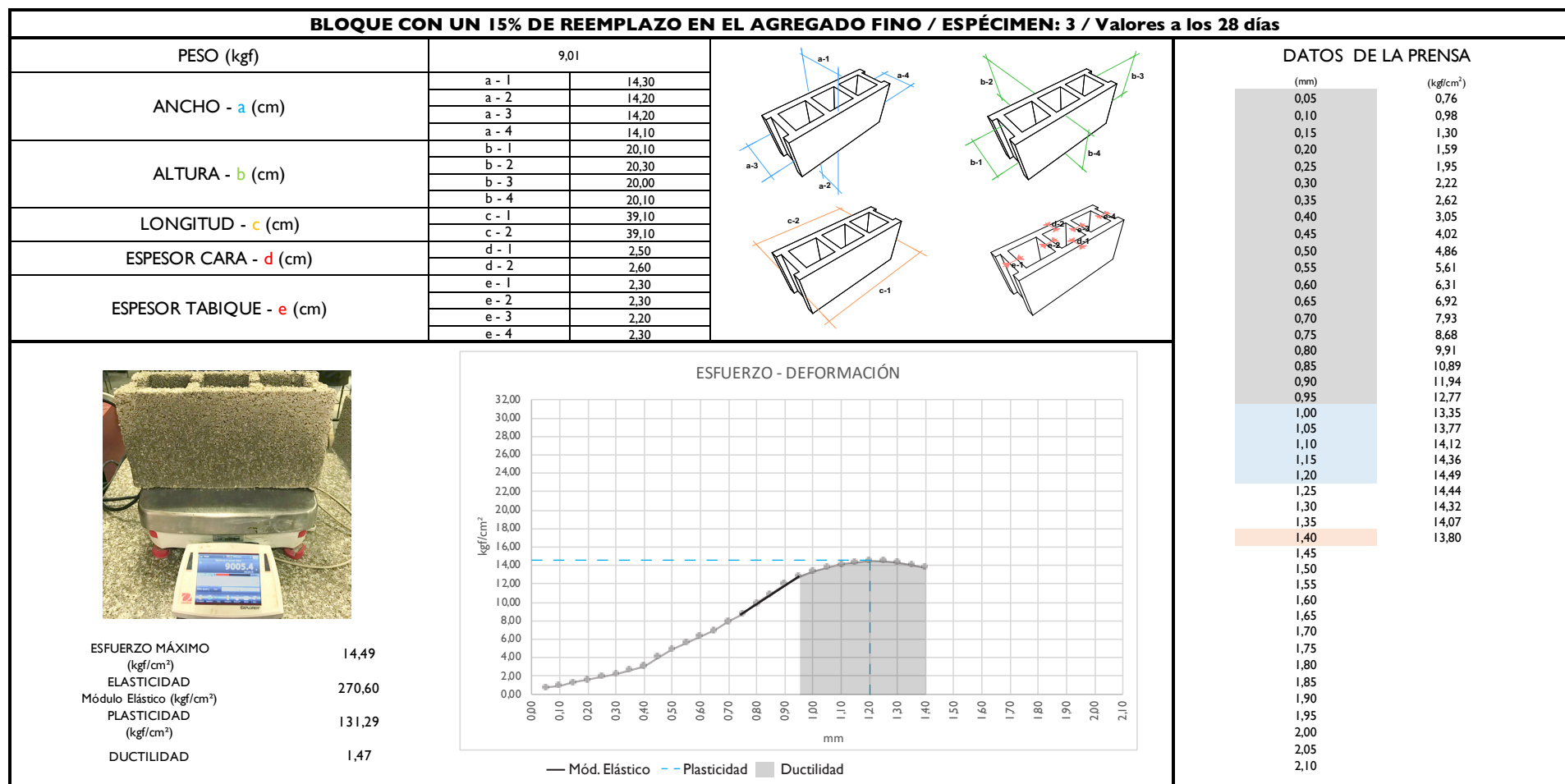


ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	9,11
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	179,15
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	75,88
DUCTILIDAD	1,75





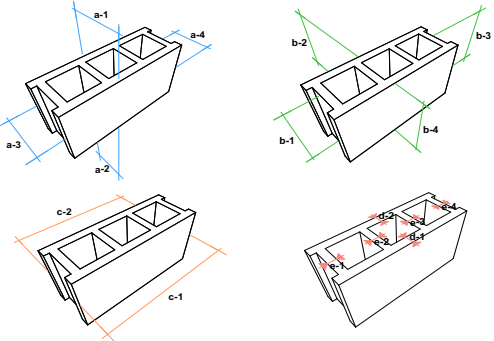
## ANEXO A36



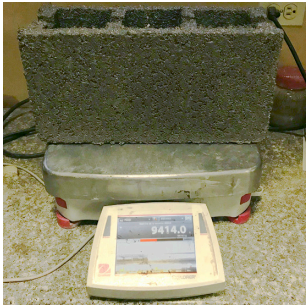


## ANEXO A37

### BLOQUE CON UN 12,5% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: I / Valores a los 7 días

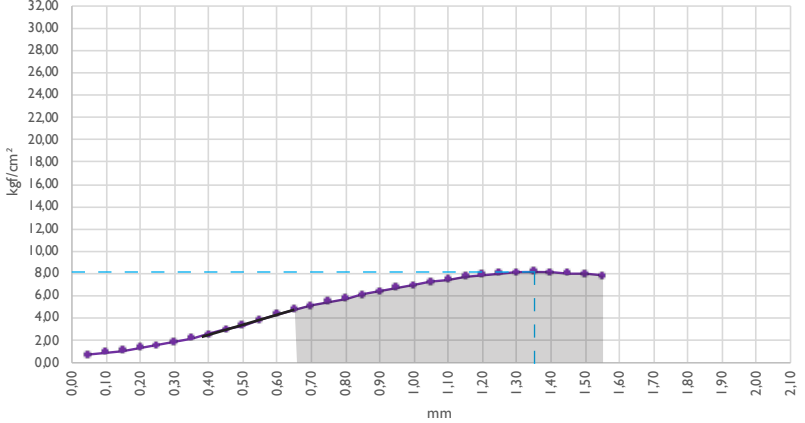
PESO (kgf)	9,41				DATOS DE LA PRENSA	
ANCHO - a (cm)	a - 1	13,80				
	a - 2	14,00				
	a - 3	14,00				
	a - 4	14,10				
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,70				
	b - 2	19,80				
	b - 3	19,40				
	b - 4	19,60				
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00				
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50				
	d - 2	2,50				
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20				
	e - 2	2,20				
	e - 3	2,20				
	e - 4	2,20				

	
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	8,15
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	143,28
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	92,20
DUCTILIDAD	2,38

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



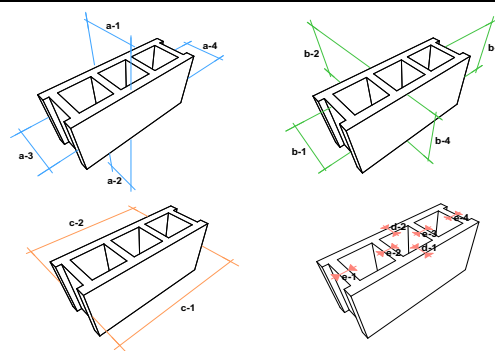
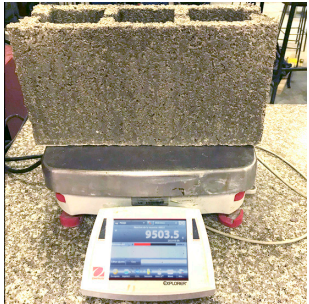

— Mód. Elástico - - Plasticidad ■ Ductilidad

(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,75
0,10	0,94
0,15	1,11
0,20	1,33
0,25	1,54
0,30	1,84
0,35	2,18
0,40	2,56
0,45	3,00
0,50	3,37
0,55	3,87
0,60	4,34
0,65	4,75
0,70	5,09
0,75	5,45
0,80	5,76
0,85	6,10
0,90	6,42
0,95	6,75
1,00	6,98
1,05	7,27
1,10	7,49
1,15	7,71
1,20	7,87
1,25	8,00
1,30	8,09
1,35	8,15
1,40	8,12
1,45	8,06
1,50	7,97
1,55	7,80
1,60	
1,65	
1,70	
1,75	
1,80	
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	



## ANEXO A38

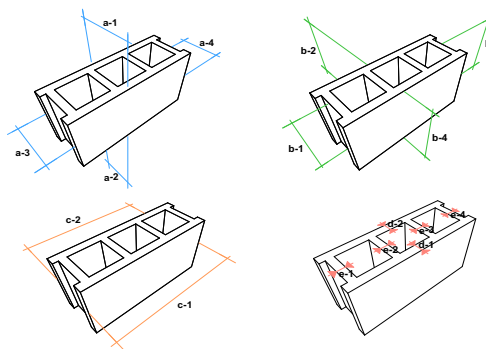
BLOQUE CON UN 12,5% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: I / Valores a los 28 días				
PESO (kgf)	9,50			
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,00		
	a - 2	14,00		
	a - 3	14,00		
	a - 4	14,00		
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,70		
	b - 2	19,50		
	b - 3	19,50		
	b - 4	19,60		
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,10		
	c - 2	39,00		
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50		
	d - 2	2,50		
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20		
	e - 2	2,20		
	e - 3	2,20		
	e - 4	2,20		
			DATOS DE LA PRENSA	
			(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
			0,05	0,74
			0,10	1,15
			0,15	1,51
			0,20	2,01
			0,25	2,76
			0,30	3,54
			0,35	4,82
			0,40	6,02
			0,45	7,21
			0,50	8,74
			0,55	10,37
			0,60	11,77
			0,65	13,03
			0,70	14,01
			0,75	14,67
			0,80	15,34
			0,85	15,79
			0,90	16,16
			0,95	16,37
			1,00	16,61
			1,05	16,76
			1,10	16,88
			1,15	16,93
			1,20	16,93
			1,25	16,86
			1,30	16,73
			1,35	16,45
			1,40	
			1,45	
			1,50	
			1,55	
			1,60	
			1,65	
			1,70	
			1,75	
			1,80	
			1,85	
			1,90	
			1,95	
			2,00	
			2,05	
			2,10	
				
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> ) 16,93 ELASTICIDAD 384,08 Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> ) PLASTICIDAD 163,17 (kgf/cm <sup>2</sup> ) DUCTILIDAD 2,25				



## ANEXO A39

### BLOQUE CON UN 12,5% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: 2 / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	9,47	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,30
	a - 2	14,10
	a - 3	14,10
	a - 4	14,00
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,00
	b - 2	20,30
	b - 3	20,00
	b - 4	20,00
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00
	c - 2	39,00
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,60
	d - 2	2,50
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,30
	e - 2	2,20
	e - 3	2,20
	e - 4	2,30



#### DATOS DE LA PRENSA

(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,76
0,10	1,11
0,15	1,44
0,20	1,90
0,25	2,47
0,30	3,17
0,35	3,76
0,40	4,40
0,45	4,88
0,50	5,38
0,55	5,73
0,60	6,09
0,65	6,41
0,70	6,68
0,75	6,76
0,80	6,98
0,85	7,15
0,90	7,32
0,95	7,44
1,00	7,53
1,05	7,58
1,10	7,61
1,15	7,63
1,20	7,61
1,25	7,53
1,30	7,44
1,35	7,28
1,40	
1,45	
1,50	
1,55	
1,60	
1,65	
1,70	
1,75	
1,80	
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	



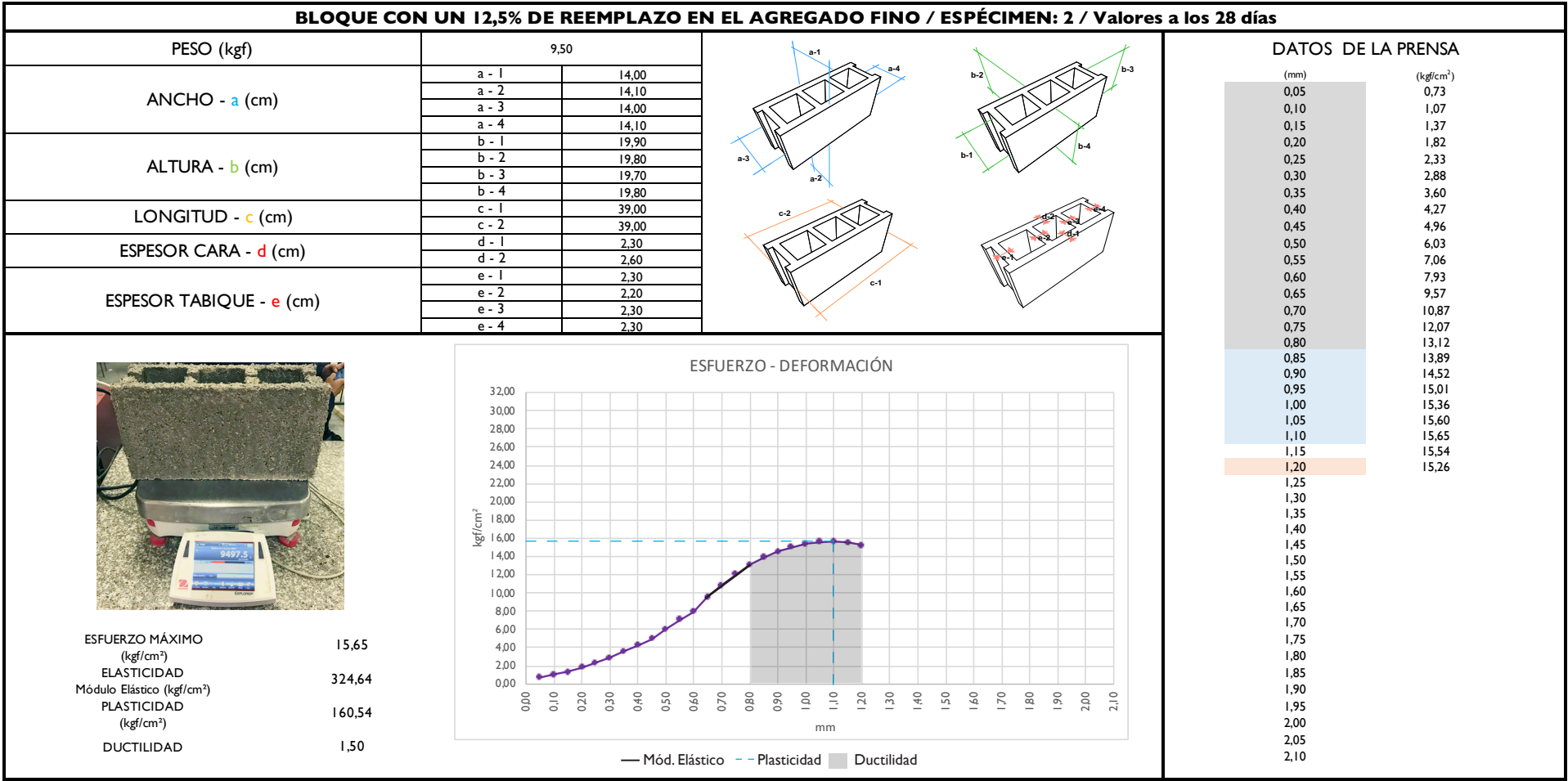
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	7,63
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	216,07
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	67,57
DUCTILIDAD	2,70







ANEXO A40

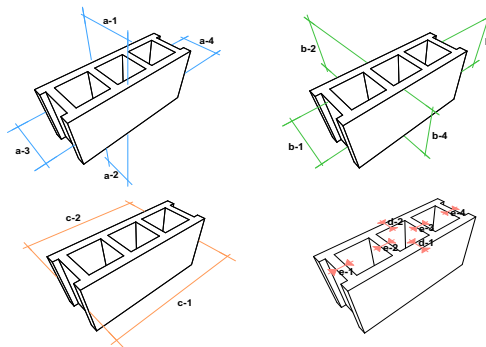




## ANEXO A4I

### BLOQUE CON UN 12,5% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: 3 / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	9,26	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,20
	a - 2	14,10
	a - 3	14,30
	a - 4	14,10
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,00
	b - 2	20,30
	b - 3	20,20
	b - 4	20,00
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00
	c - 2	39,00
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50
	d - 2	2,60
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20
	e - 2	2,20
	e - 3	2,30
	e - 4	2,30

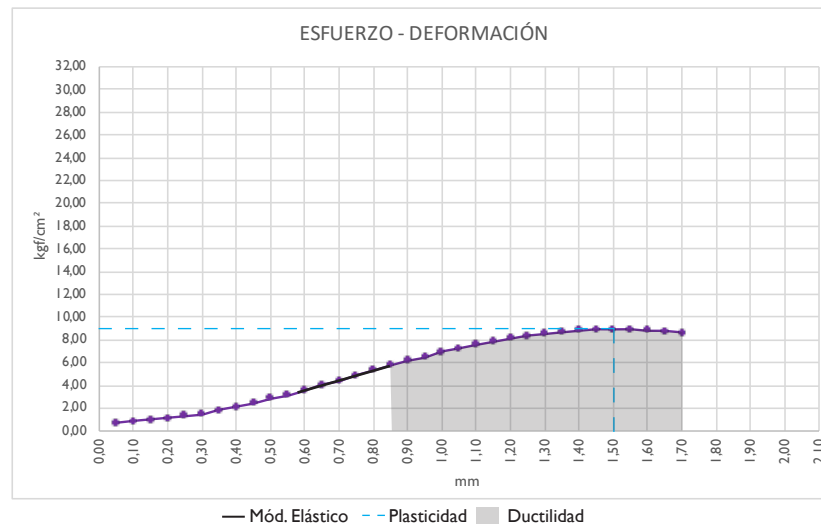


#### DATOS DE LA PRENSA

(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,73
0,10	0,88
0,15	0,99
0,20	1,14
0,25	1,31
0,30	1,51
0,35	1,83
0,40	2,11
0,45	2,43
0,50	2,86
0,55	3,16
0,60	3,59
0,65	4,01
0,70	4,42
0,75	4,88
0,80	5,39
0,85	5,79
0,90	6,18
0,95	6,51
1,00	6,94
1,05	7,25
1,10	7,58
1,15	7,88
1,20	8,11
1,25	8,37
1,30	8,55
1,35	8,71
1,40	8,83
1,45	8,91
1,50	8,93
1,55	8,93
1,60	8,85
1,65	8,74
1,70	8,61
1,75	
1,80	
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	

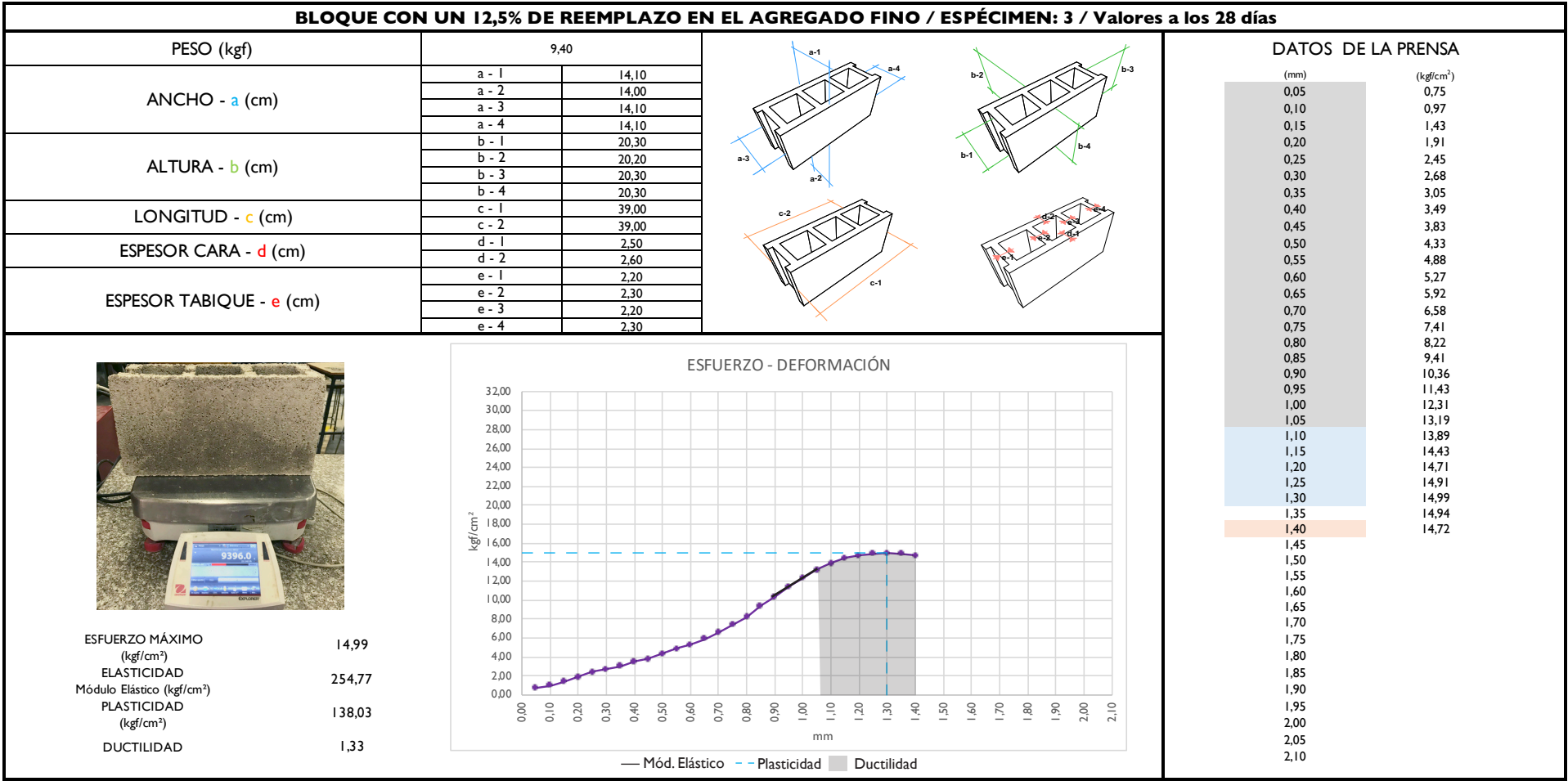


ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	8,93
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	137,04
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	93,22
DUCTILIDAD	2,00





ANEXO A42

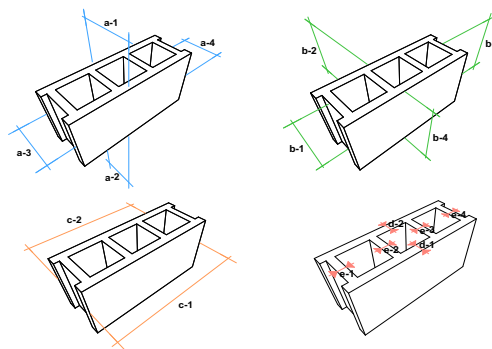




## ANEXO A43

### BLOQUE CON UN 10% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: I / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	10,04	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,10
	a - 2	14,10
	a - 3	14,00
	a - 4	14,00
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,50
	b - 2	19,60
	b - 3	19,50
	b - 4	19,50
LONGITUD - c (cm)	c - 1	38,80
	c - 2	39,20
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50
	d - 2	2,60
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20
	e - 2	2,20
	e - 3	2,20
	e - 4	2,30



#### DATOS DE LA PRENSA

(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,73
0,10	1,17
0,15	1,58
0,20	1,92
0,25	2,24
0,30	2,48
0,35	2,77
0,40	3,05
0,45	3,38
0,50	3,72
0,55	4,08
0,60	4,41
0,65	4,71
0,70	5,03
0,75	5,39
0,80	5,66
0,85	6,00
0,90	6,28
0,95	6,58
1,00	6,84
1,05	7,04
1,10	7,30
1,15	7,55
1,20	7,74
1,25	7,94
1,30	8,10
1,35	8,23
1,40	8,36
1,45	8,48
1,50	8,53
1,55	8,59
1,60	8,69
1,65	8,74
1,70	8,79
1,75	8,78
1,80	8,75
1,85	8,66
1,90	8,55
1,95	8,41
2,00	
2,05	
2,10	

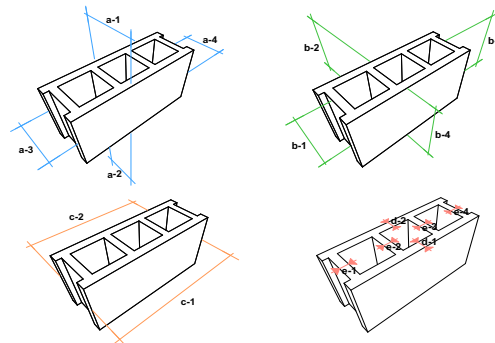


ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	8,79
ELASTICIDAD	
Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	135,20
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	54,72
DUCTILIDAD	2,05





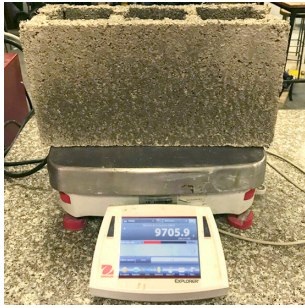
## ANEXO A44

BLOQUE CON UN 10% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: I / Valores a los 28 días				
PESO (kgf)	9,71			
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,10		
	a - 2	14,00		
	a - 3	14,10		
	a - 4	14,00		
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,70		
	b - 2	19,90		
	b - 3	20,00		
	b - 4	19,90		
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,10		
	c - 2	39,10		
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50		
	d - 2	2,60		
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,30		
	e - 2	2,30		
	e - 3	2,30		
	e - 4	2,30		

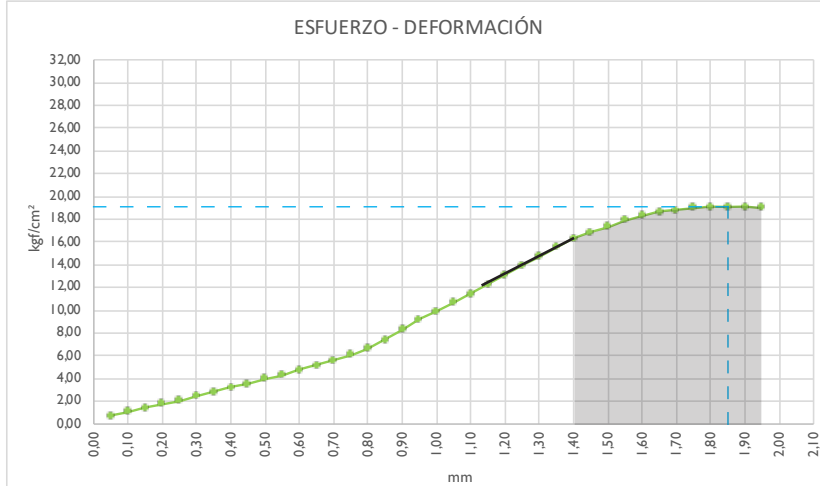
DATOS DE LA PRENSA	
(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,76
0,10	1,10
0,15	1,42
0,20	1,77
0,25	2,08
0,30	2,43
0,35	2,78
0,40	3,23
0,45	3,53
0,50	4,00
0,55	4,30
0,60	4,76
0,65	5,20
0,70	5,58
0,75	6,09
0,80	6,64
0,85	7,38
0,90	8,27
0,95	9,17
1,00	9,87
1,05	10,68
1,10	11,43
1,15	12,26
1,20	13,12
1,25	13,93
1,30	14,71
1,35	15,56
1,40	16,29
1,45	16,87
1,50	17,35
1,55	17,87
1,60	18,30
1,65	18,63
1,70	18,79
1,75	19,00
1,80	19,05
1,85	19,07
1,90	19,06
1,95	19,00
2,00	
2,05	
2,10	

	
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	19,07
ELASTICIDAD	231,27
Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	114,26
DUCTILIDAD	1,39

ESFUERZO - DEFORMACIÓN

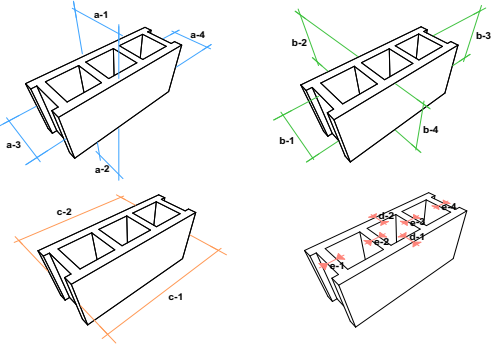


— Mód. Elástico    - - - Plasticidad    ■ Ductilidad




## ANEXO A45

### BLOQUE CON UN 10% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: 2 / Valores a los 7 días

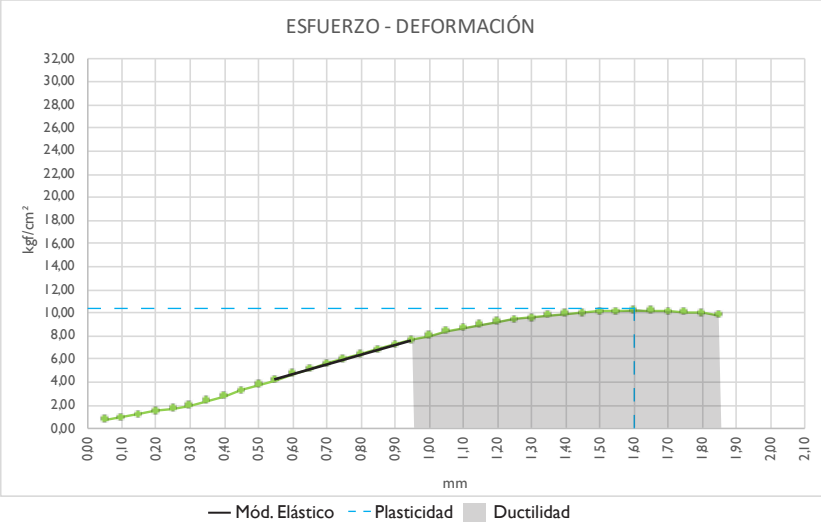
PESO (kgf)	10,32				DATOS DE LA PRENSA	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,00				
	a - 2	14,00				
	a - 3	14,10				
	a - 4	14,00				
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,50				
	b - 2	19,80				
	b - 3	19,50				
	b - 4	19,50				
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00				
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50				
	d - 2	2,50				
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,30				
	e - 2	2,20				
	e - 3	2,20				
	e - 4	2,30				

	
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	10,19
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	157,32
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	73,24
DUCTILIDAD	1,95

ESFUERZO - DEFORMACIÓN

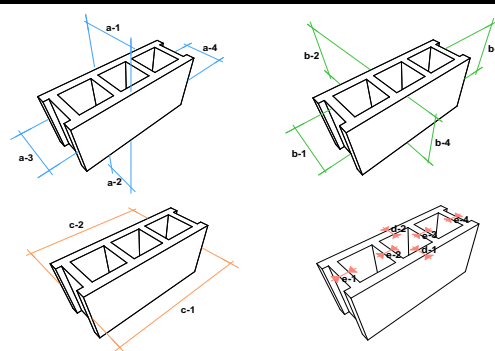


— Mód. Elástico — Plasticidad ■ Ductilidad

(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,72
0,10	0,98
0,15	1,23
0,20	1,49
0,25	1,71
0,30	2,01
0,35	2,41
0,40	2,82
0,45	3,31
0,50	3,77
0,55	4,20
0,60	4,71
0,65	5,12
0,70	5,58
0,75	6,05
0,80	6,44
0,85	6,86
0,90	7,26
0,95	7,64
1,00	8,03
1,05	8,39
1,10	8,70
1,15	8,97
1,20	9,22
1,25	9,42
1,30	9,61
1,35	9,79
1,40	9,92
1,45	10,01
1,50	10,10
1,55	10,15
1,60	10,19
1,65	10,17
1,70	10,14
1,75	10,08
1,80	9,98
1,85	9,79
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	

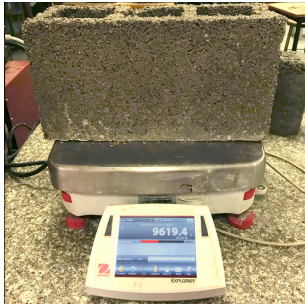
## ANEXO A46

BLOQUE CON UN 10% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: 2 / Valores a los 28 días				
PESO (kgf)	9,62			
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,20		
	a - 2	14,10		
	a - 3	14,10		
	a - 4	14,10		
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,50		
	b - 2	19,40		
	b - 3	19,50		
	b - 4	19,50		
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,10		
	c - 2	39,10		
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50		
	d - 2	2,50		
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,30		
	e - 2	2,20		
	e - 3	2,30		
	e - 4	2,30		

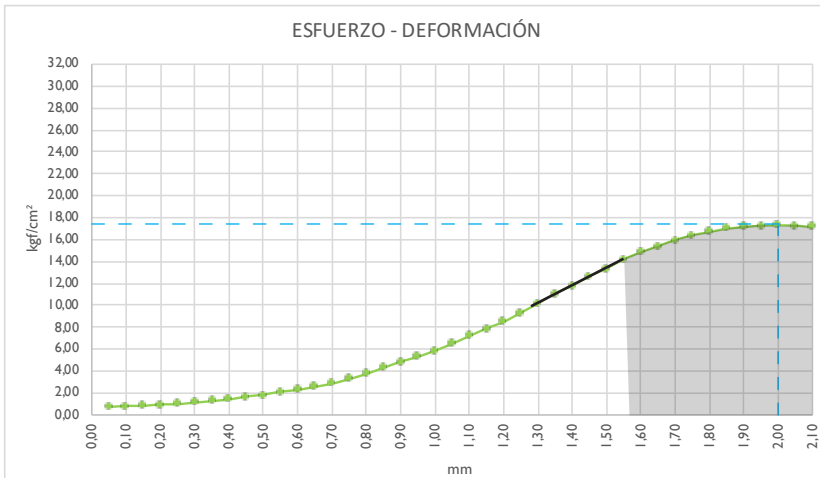
DATOS DE LA PRENSA	
(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,73
0,10	0,78
0,15	0,84
0,20	0,93
0,25	1,01
0,30	1,14
0,35	1,27
0,40	1,41
0,45	1,65
0,50	1,83
0,55	2,07
0,60	2,32
0,65	2,58
0,70	2,89
0,75	3,31
0,80	3,76
0,85	4,32
0,90	4,80
0,95	5,33
1,00	5,87
1,05	6,53
1,10	7,18
1,15	7,85
1,20	8,54
1,25	9,27
1,30	10,16
1,35	11,05
1,40	11,73
1,45	12,60
1,50	13,34
1,55	14,18
1,60	14,88
1,65	15,40
1,70	15,91
1,75	16,39
1,80	16,71
1,85	17,02
1,90	17,17
1,95	17,25
2,00	17,30
2,05	17,26
2,10	17,16

	<p>ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm<sup>2</sup>) 17,30</p> <p>ELASTICIDAD 178,16</p> <p>Módulo Elástico (kgf/cm<sup>2</sup>)</p> <p>PLASTICIDAD 124,49 (kgf/cm<sup>2</sup>)</p> <p>DUCTILIDAD 1,35</p>
--	---

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



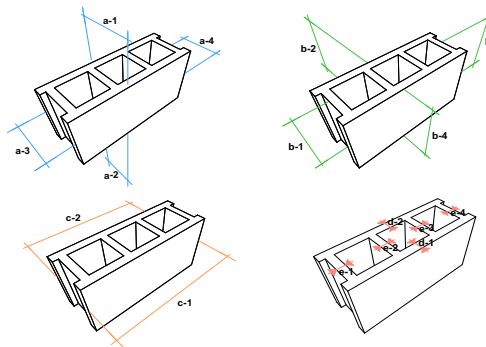
— Mód. Elástico    - - - Plasticidad    ■ Ductilidad



## ANEXO A47

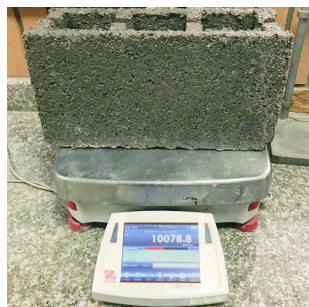
### BLOQUE CON UN 10% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: 3 / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	10,08	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,10
	a - 2	14,10
	a - 3	14,00
	a - 4	14,00
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,00
	b - 2	20,10
	b - 3	20,00
	b - 4	20,10
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00
	c - 2	39,00
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,60
	d - 2	2,60
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,30
	e - 2	2,30
	e - 3	2,20
	e - 4	2,20



#### DATOS DE LA PRENSA

(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,74
0,10	0,88
0,15	1,08
0,20	1,36
0,25	1,65
0,30	1,87
0,35	2,21
0,40	2,64
0,45	3,09
0,50	3,59
0,55	4,08
0,60	4,69
0,65	5,33
0,70	5,83
0,75	6,35
0,80	6,82
0,85	7,31
0,90	7,79
0,95	8,17
1,00	8,58
1,05	8,89
1,10	9,15
1,15	9,43
1,20	9,67
1,25	9,88
1,30	10,06
1,35	10,20
1,40	10,34
1,45	10,43
1,50	10,52
1,55	10,60
1,60	10,64
1,65	10,66
1,70	10,64
1,75	10,60
1,80	10,53
1,85	10,42
1,90	10,27
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	



ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	10,66
ELASTICIDAD Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	173,55
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	73,21
DUCTILIDAD	2,11







ANEXO A48

BLOQUE CON UN 10% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: 3 / Valores a los 28 días				
PESO (kgf)	9,53			
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,10		
	a - 2	14,10		
	a - 3	14,00		
	a - 4	14,20		
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,80		
	b - 2	19,80		
	b - 3	19,80		
	b - 4	19,90		
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,10		
	c - 2	39,00		
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50		
	d - 2	2,60		
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20		
	e - 2	2,30		
	e - 3	2,20		
	e - 4	2,20		
			DATOS DE LA PRENSA	
			(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
			0,05	0,74
			0,10	0,96
			0,15	1,11
			0,20	1,25
			0,25	1,40
			0,30	1,59
			0,35	1,82
			0,40	2,01
			0,45	2,24
			0,50	2,46
			0,55	2,81
			0,60	3,34
			0,65	4,17
			0,70	4,99
			0,75	5,92
			0,80	6,72
			0,85	7,76
			0,90	8,71
			0,95	9,73
			1,00	10,67
			1,05	11,46
			1,10	12,36
			1,15	13,31
			1,20	14,21
			1,25	14,91
			1,30	15,74
			1,35	16,37
			1,40	17,10
			1,45	17,52
			1,50	17,91
			1,55	18,21
			1,60	18,51
			1,65	18,70
			1,70	18,84
			1,75	18,89
			1,80	18,86
			1,85	18,74
			1,90	18,59
			1,95	18,28
			2,00	18,01
			2,05	
			2,10	
			ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	
			18,89	
			ELASTICIDAD	
			234,69	
			Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	
			158,62	
			PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	
			1,67	
			DUCTILIDAD	



## ANEXO A49

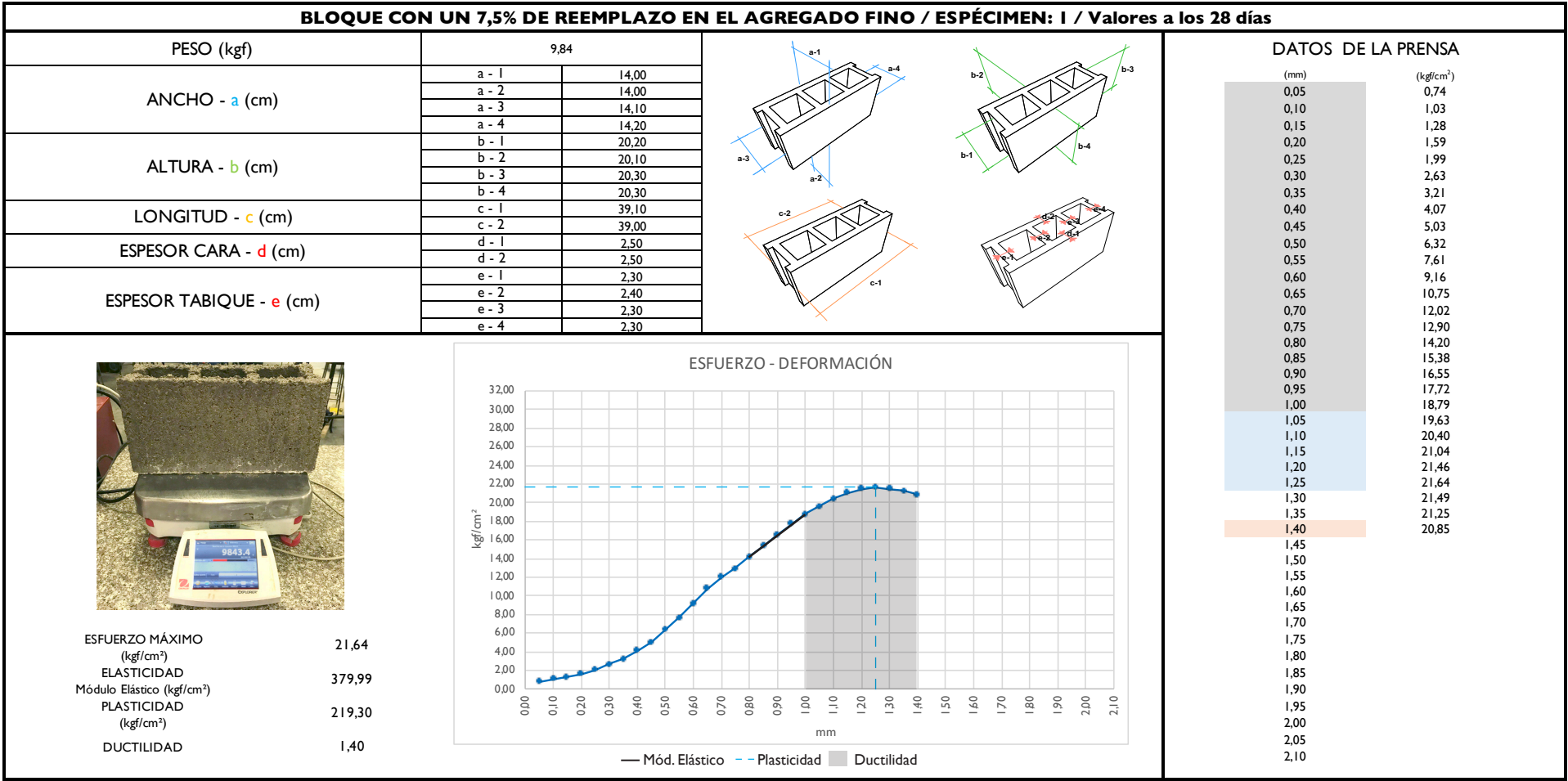
### BLOQUE CON UN 7,5% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: I / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	9,50				<b>DATOS DE LA PRENSA</b>	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,00		<p>— Mód. Elástico    - - Plasticidad    ■ Ductilidad</p>	(mm)	(kgf/cm²)
	a - 2	14,00			0,05	0,77
	a - 3	13,90			0,10	1,13
	a - 4	14,00			0,15	1,25
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,70			0,20	1,31
	b - 2	19,50			0,25	1,50
	b - 3	19,70			0,30	1,73
	b - 4	19,30			0,35	2,08
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00			0,40	2,51
	c - 2	39,00			0,45	2,87
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50			0,50	3,31
	d - 2	2,60			0,55	3,70
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20			0,60	4,07
	e - 2	2,20			0,65	4,59
	e - 3	2,20			0,70	5,13
	e - 4	2,20			0,75	5,66
			0,80	6,22		
			0,85	6,74		
			0,90	7,18		
			0,95	7,66		
			1,00	8,13		
			1,05	8,56		
			1,10	8,96		
			1,15	9,31		
			1,20	9,68		
			1,25	10,00		
			1,30	10,26		
			1,35	10,40		
			1,40	10,47		
			1,45	10,50		
			1,50	10,48		
			1,55	10,44		
			1,60	10,39		
			1,65	10,30		
			1,70	10,13		
			1,75			
			1,80			
			1,85			
			1,90			
			1,95			
			2,00			
			2,05			
			2,10			

ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm²)	10,50
ELASTICIDAD	
Módulo Elástico (kgf/cm²)	159,25
PLASTICIDAD (kgf/cm²)	81,18
DUCTILIDAD	1,55



ANEXO A50





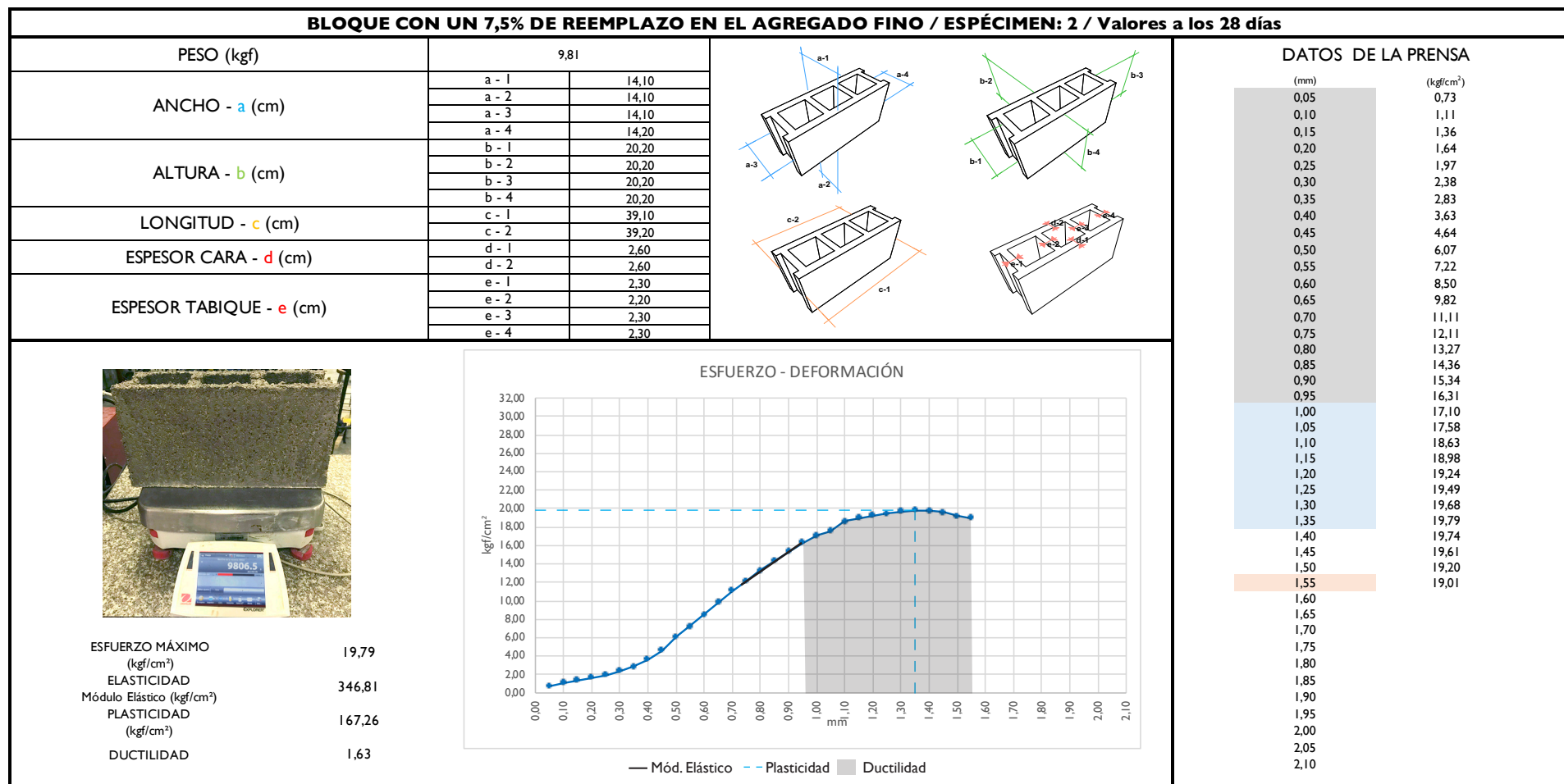
## ANEXO A5I

BLOQUE CON UN 7,5% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: 2 / Valores a los 7 días				
PESO (kgf)	9,77			
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,10		
	a - 2	14,00		
	a - 3	14,00		
	a - 4	14,00		
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,80		
	b - 2	19,60		
	b - 3	19,50		
	b - 4	19,60		
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00		
	c - 2	39,00		
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50		
	d - 2	2,50		
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20		
	e - 2	2,20		
	e - 3	2,20		
	e - 4	2,20		
			DATOS DE LA PRENSA	
			(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
			0,05	0,74
			0,10	1,02
			0,15	1,32
			0,20	1,62
			0,25	1,99
			0,30	2,30
			0,35	2,73
			0,40	3,07
			0,45	3,56
			0,50	4,13
			0,55	4,63
			0,60	5,21
			0,65	5,83
			0,70	6,40
			0,75	7,08
			0,80	7,69
			0,85	8,61
			0,90	9,11
			0,95	9,72
			1,00	10,14
			1,05	10,49
			1,10	10,80
			1,15	11,09
			1,20	11,33
			1,25	11,53
			1,30	11,63
			1,35	11,67
			1,40	11,66
			1,45	11,61
			1,50	11,49
			1,55	11,32
			1,60	11,12
			1,65	
			1,70	
			1,75	
			1,80	
			1,85	
			1,90	
			1,95	
			2,00	
			2,05	
			2,10	
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )			11,67	
ELASTICIDAD			198,90	
Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )				
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )			81,58	
DUCTILIDAD			1,60	





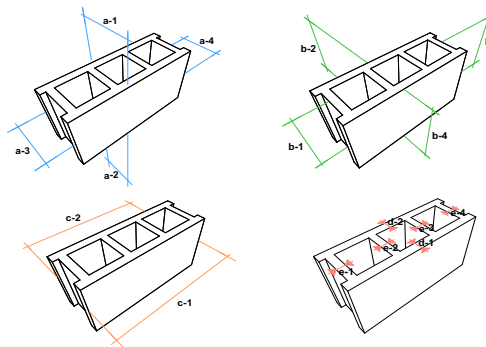
## ANEXO A52



---

**BLOQUE CON UN 7,5% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: 3 / Valores a los 7 días**

PESO (kgf)	9,74	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,00
	a - 2	14,10
	a - 3	14,10
	a - 4	14,00
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,00
	b - 2	20,00
	b - 3	19,70
	b - 4	20,00
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,00
	c - 2	39,10
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50
	d - 2	2,50
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20
	e - 2	2,20
	e - 3	2,20
	e - 4	2,20



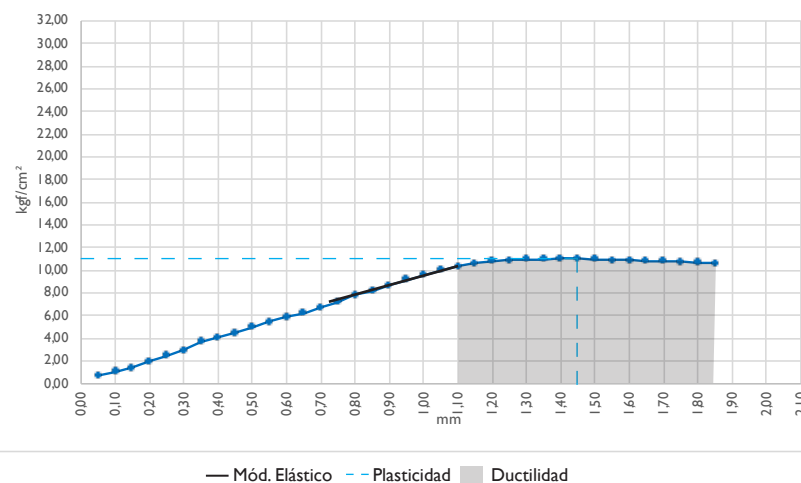
## DATOS DE LA PRENSA

(mm)	(kg/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,73
0,10	1,07
0,15	1,41
0,20	1,98
0,25	2,44
0,30	2,95
0,35	3,69
0,40	4,05
0,45	4,51
0,50	4,99
0,55	5,43
0,60	5,85
0,65	6,24
0,70	6,73
0,75	7,18
0,80	7,82
0,85	8,19
0,90	8,70
0,95	9,16
1,00	9,59
1,05	9,97
1,10	10,37
1,15	10,63
1,20	10,83
1,25	10,93
1,30	10,99
1,35	11,01
1,40	11,04
1,45	11,06
1,50	11,00
1,55	10,91
1,60	10,88
1,65	10,86
1,70	10,81
1,75	10,79
1,80	10,72
1,85	10,61
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	



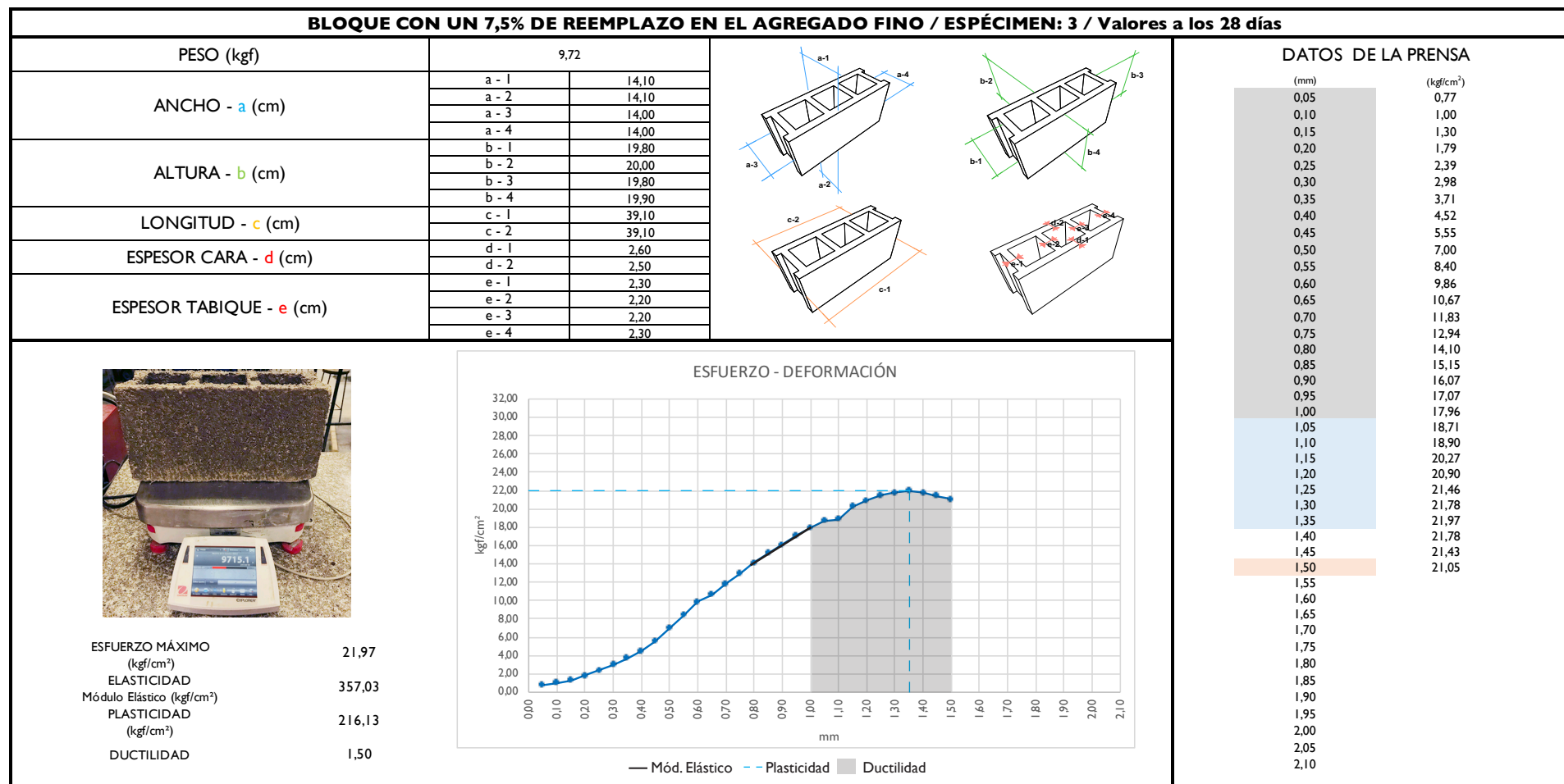
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	11,06
ELASTICIDAD	187,80
Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	
PLASTICIDAD	37,43
(kgf/cm <sup>2</sup> )	
DUCTILIDAD	1,68

ESFUERZO - DEFORMACIÓN





## ANEXO A54

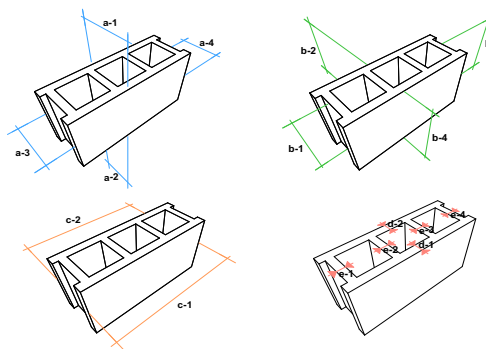




## ANEXO A55

### BLOQUE CON UN 5% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: I / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	10,33	
ANCHO - a (cm)	a - 1	13,90
	a - 2	14,00
	a - 3	13,90
	a - 4	14,00
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,10
	b - 2	20,20
	b - 3	20,40
	b - 4	20,50
LONGITUD - c (cm)	c - 1	38,80
	c - 2	39,00
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50
	d - 2	2,40
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20
	e - 2	2,20
	e - 3	2,30
	e - 4	2,20

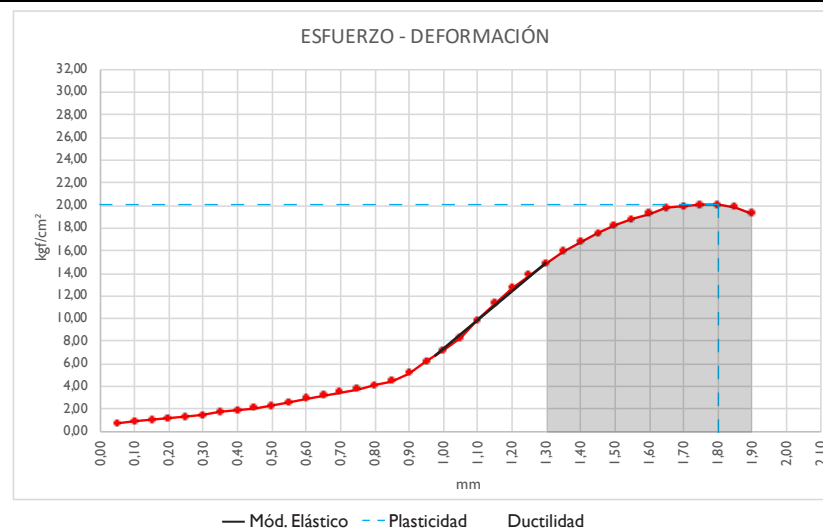


#### DATOS DE LA PRENSA

(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,75
0,10	0,89
0,15	1,05
0,20	1,18
0,25	1,32
0,30	1,48
0,35	1,71
0,40	1,91
0,45	2,11
0,50	2,31
0,55	2,58
0,60	2,91
0,65	3,21
0,70	3,48
0,75	3,78
0,80	4,10
0,85	4,47
0,90	5,17
0,95	6,22
1,00	7,17
1,05	8,30
1,10	9,85
1,15	11,31
1,20	12,72
1,25	13,83
1,30	14,90
1,35	15,96
1,40	16,80
1,45	17,55
1,50	18,20
1,55	18,80
1,60	19,26
1,65	19,75
1,70	19,95
1,75	20,08
1,80	20,08
1,85	19,86
1,90	19,26
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	



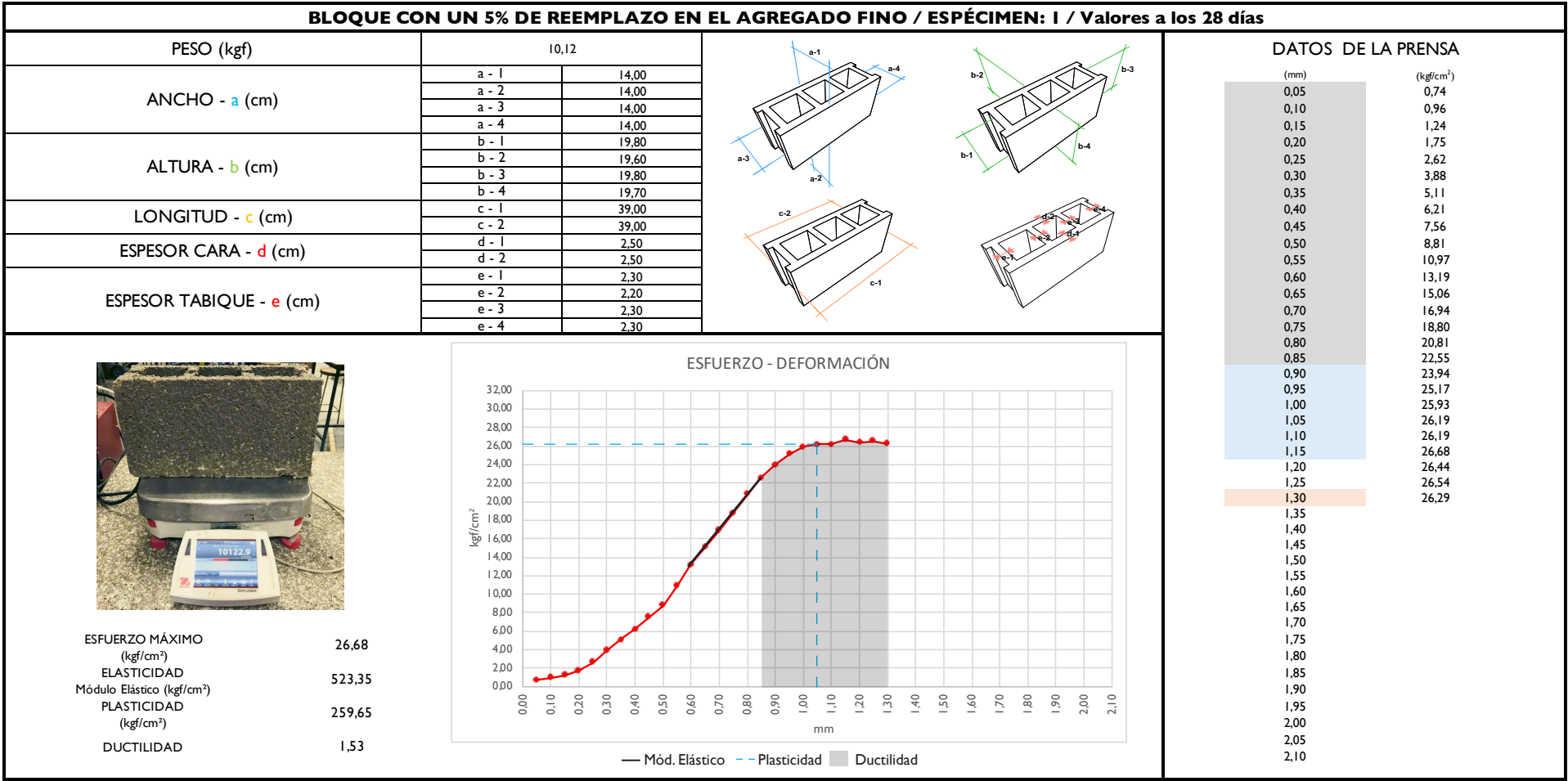
ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	20,08
ELASTICIDAD	232,69
Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	196,75
DUCTILIDAD	1,46







ANEXO A56

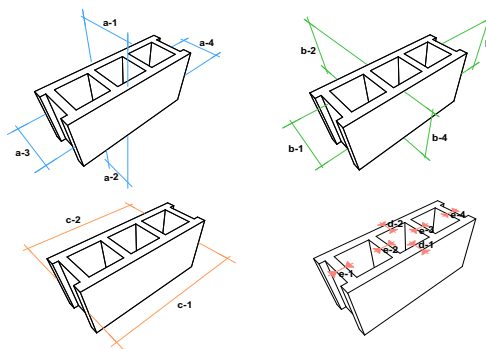




## ANEXO A57

### BLOQUE CON UN 5% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: 2 / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	9,89	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,00
	a - 2	14,00
	a - 3	13,90
	a - 4	14,00
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,70
	b - 2	19,70
	b - 3	19,50
	b - 4	19,60
LONGITUD - c (cm)	c - 1	38,80
	c - 2	39,00
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,40
	d - 2	2,40
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20
	e - 2	2,30
	e - 3	2,20
	e - 4	2,20

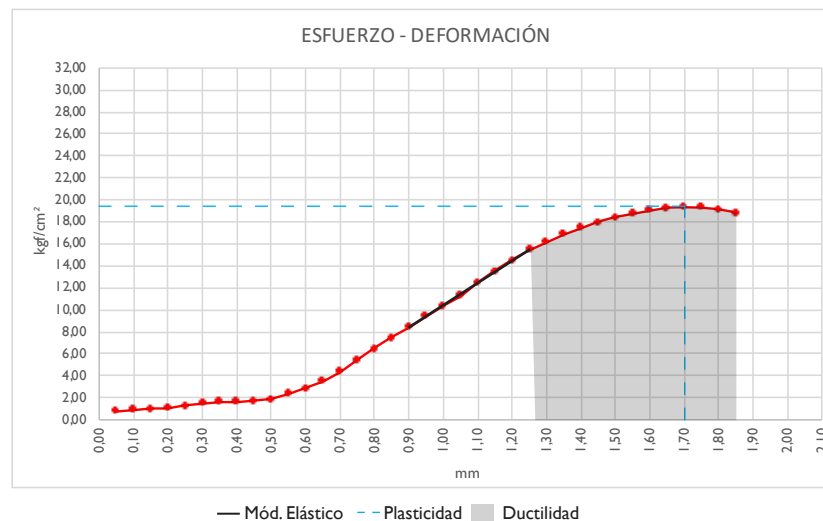


#### DATOS DE LA PRENSA

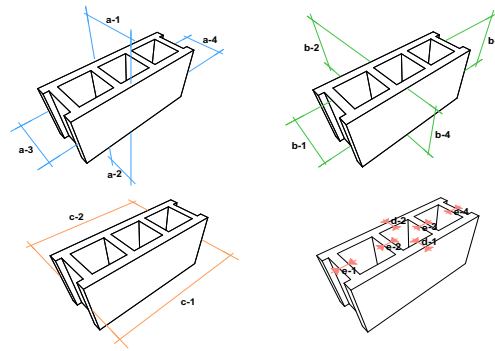
(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,75
0,10	0,89
0,15	0,99
0,20	1,08
0,25	1,27
0,30	1,51
0,35	1,68
0,40	1,66
0,45	1,73
0,50	1,86
0,55	2,35
0,60	2,88
0,65	3,54
0,70	4,41
0,75	5,43
0,80	6,48
0,85	7,46
0,90	8,42
0,95	9,39
1,00	10,33
1,05	11,32
1,10	12,53
1,15	13,49
1,20	14,51
1,25	15,44
1,30	16,20
1,35	16,88
1,40	17,49
1,45	18,00
1,50	18,42
1,55	18,76
1,60	19,07
1,65	19,27
1,70	19,34
1,75	19,31
1,80	19,12
1,85	18,83
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	



ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	19,34
ELASTICIDAD	242,47
Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	
PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	159,03
DUCTILIDAD	1,48



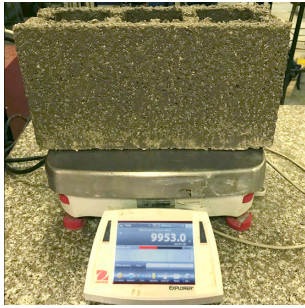
## ANEXO A58

BLOQUE CON UN 5% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: 2 / Valores a los 28 días				
PESO (kgf)	9,95			
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,00		
	a - 2	14,00		
	a - 3	14,10		
	a - 4	14,10		
ALTURA - b (cm)	b - 1	19,50		
	b - 2	19,30		
	b - 3	19,30		
	b - 4	19,50		
LONGITUD - c (cm)	c - 1	39,20		
	c - 2	39,20		
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,50		
	d - 2	2,50		
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,30		
	e - 2	2,20		
	e - 3	2,20		
	e - 4	2,30		

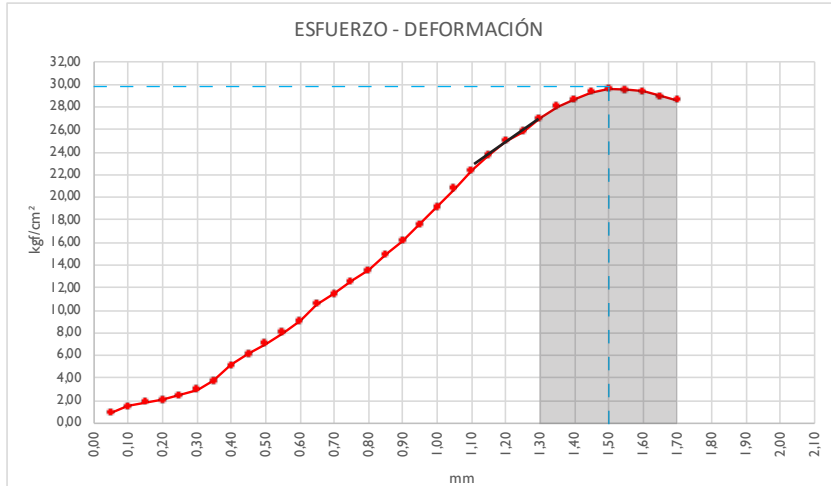
DATOS DE LA PRENSA	
(mm)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
0,05	0,93
0,10	1,49
0,15	1,88
0,20	2,09
0,25	2,49
0,30	3,01
0,35	3,77
0,40	5,13
0,45	6,16
0,50	7,02
0,55	8,01
0,60	9,06
0,65	10,54
0,70	11,47
0,75	12,58
0,80	13,52
0,85	14,96
0,90	16,16
0,95	17,62
1,00	19,17
1,05	20,78
1,10	22,37
1,15	23,69
1,20	24,93
1,25	25,80
1,30	27,00
1,35	28,02
1,40	28,70
1,45	29,31
1,50	29,59
1,55	29,48
1,60	29,37
1,65	28,94
1,70	28,62
1,75	
1,80	
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	

	ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	29,59
	ELASTICIDAD	402,97
	Módulo Elástico (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	PLASTICIDAD (kgf/cm <sup>2</sup> )	234,53
	DUCTILIDAD	1,31

ESFUERZO - DEFORMACIÓN

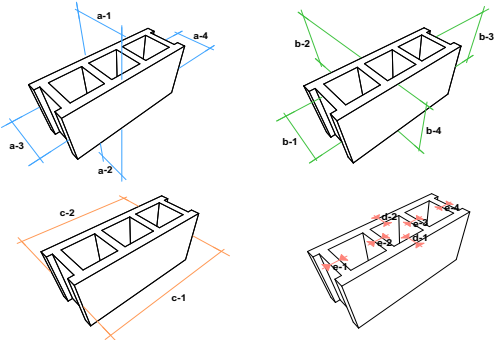


— Mód. Elástico — Plasticidad ■ Ductilidad

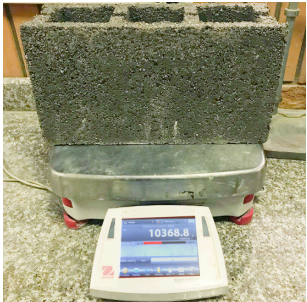


## ANEXO A59

### BLOQUE CON UN 5% DE REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO / ESPÉCIMEN: 3 / Valores a los 7 días

PESO (kgf)	10,37				DATOS DE LA PRENSA	
ANCHO - a (cm)	a - 1	14,00			(mm)	(kgf/cm²)
	a - 2	14,00			0,05	0,74
	a - 3	14,00			0,10	0,93
	a - 4	14,00			0,15	1,28
ALTURA - b (cm)	b - 1	20,50			0,20	1,67
	b - 2	20,40			0,25	2,09
	b - 3	20,80			0,30	2,63
	b - 4	20,70			0,35	3,12
LONGITUD - c (cm)	c - 1	38,90			0,40	3,74
	c - 2	39,00			0,45	4,43
ESPESOR CARA - d (cm)	d - 1	2,40			0,50	5,14
	d - 2	2,50			0,55	6,10
ESPESOR TABIQUE - e (cm)	e - 1	2,20			0,60	7,19
	e - 2	2,20			0,65	8,77
	e - 3	2,20			0,70	10,07
	e - 4	2,20	0,75	11,53		

0,80	12,56
0,85	13,69
0,90	14,82
0,95	15,86
1,00	16,54
1,05	17,19
1,10	17,69
1,15	18,02
1,20	18,28
1,25	18,34
1,30	18,17
1,35	17,73
1,40	
1,45	
1,50	
1,55	
1,60	
1,65	
1,70	
1,75	
1,80	
1,85	
1,90	
1,95	
2,00	
2,05	
2,10	



ESFUERZO MÁXIMO  
(kgf/cm²)

ELASTICIDAD  
Módulo Elástico (kgf/cm²)

PLASTICIDAD  
(kgf/cm²)

DUCTILIDAD

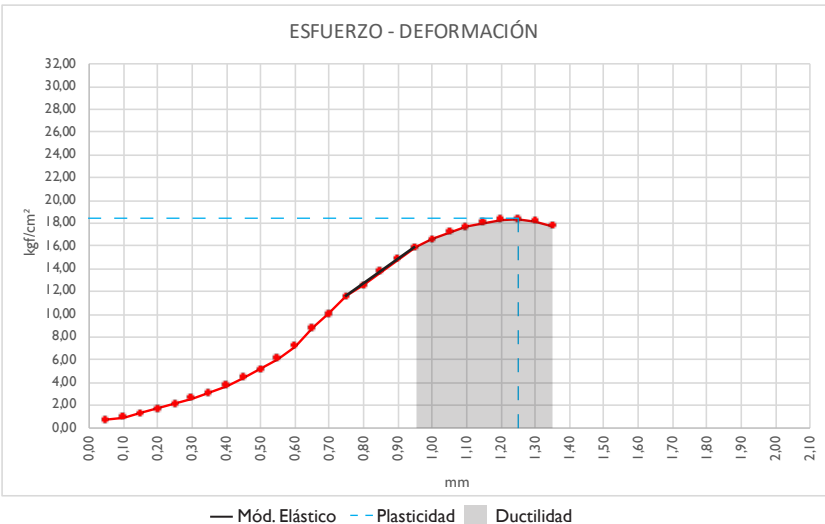
18,34

343,98

162,14

1,42

ESFUERZO - DEFORMACIÓN

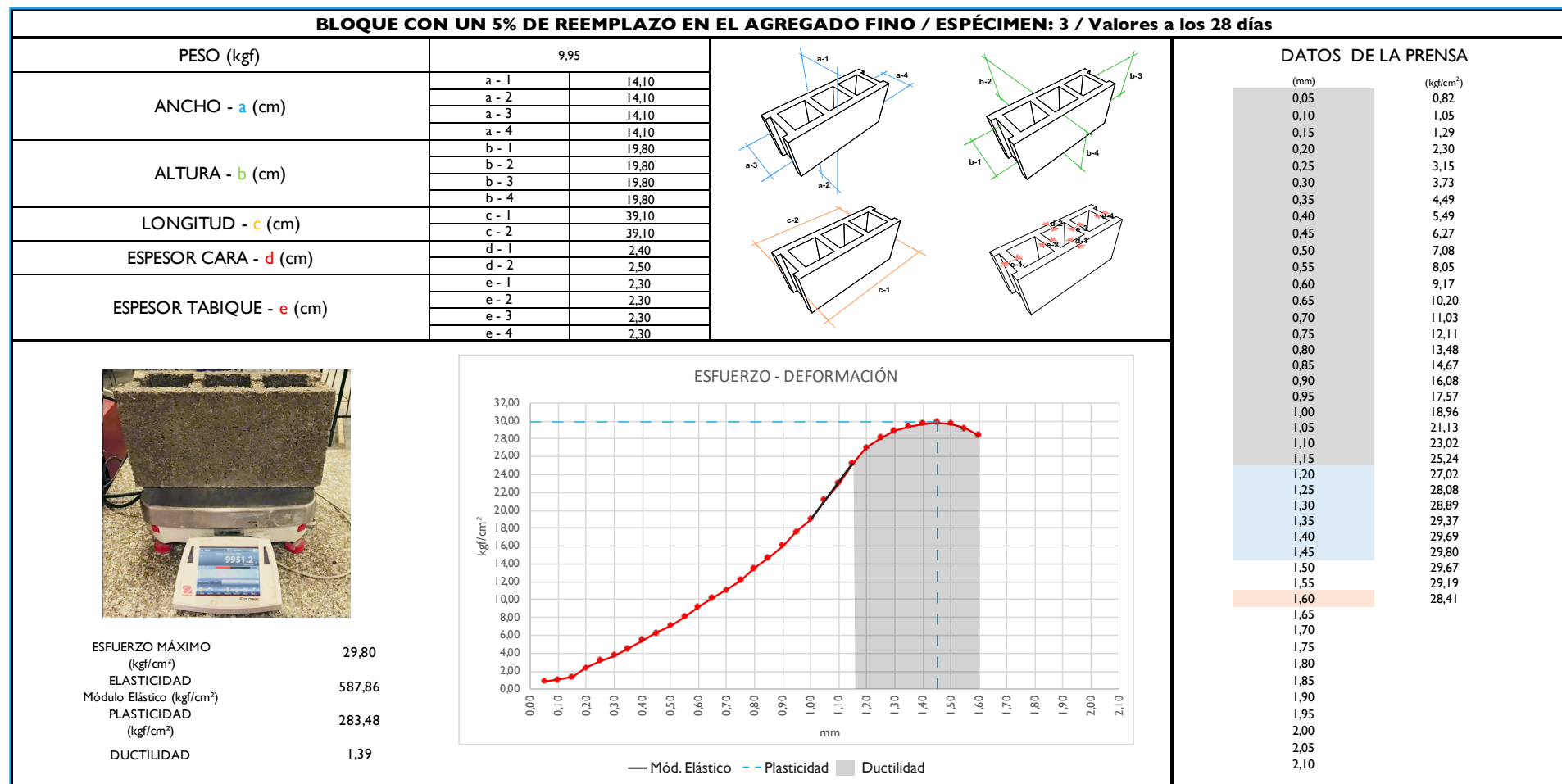


— Mód. Elástico — Plasticidad ■ Ductilidad





## ANEXO A60





UNIVERSIDAD DE CUENCA  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo







## ANEXO BI

ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD (BLOQUE ESTÁNDAR)													
ESPECIMEN:		1				2				3			
DIMENSIONES (cm)	ANCHO	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4
		14,00	14,00	14,00	14,00	13,90	13,90	14,00	14,00	13,90	14,00	14,10	14,10
	ALTO	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4
		19,70	19,50	19,70	19,60	19,50	19,50	19,50	19,40	19,50	19,50	19,50	19,50
	LONGITUD	Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2	
		39,00		39,00		39,00		38,80		39,00		39,10	
	ESPESOR CARA	Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2	
		2,50		2,50		2,60		2,50		2,50		2,60	
	ESPESOR TABIQUE	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4
		2,20	2,30	2,30	2,20	2,20	2,30	2,20	2,20	2,30	2,20	2,20	2,30
VOLUMEN (cm3).		5920,50				5893,39				5950,65			
MASA COMO SE RECIBE (kg).		9,95				9,40				9,37			
MASA SUMERGIDO (kg).		0,01				0,01				0,01			
MASA SATURADO (kg).		10,70				10,93				10,71			
MASA SECO AL HORNO (kg).		8,90				9,01				8,89			
ABSORCIÓN (%).		20,22				21,31				20,47			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%).		58,56				20,06				26,29			
DENSIDAD (kg/m³).		832,23				824,78				830,53			



## ANEXO B2

ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD (BLOQUE 25% REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO)													
ESPECIMEN:		1				2				3			
DIMENSIONES (cm)	ANCHO	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4
		14,10	14,00	14,00	13,90	14,00	14,00	14,00	13,90	14,10	14,10	14,00	14,00
	ALTO	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4
		20,00	19,70	19,70	19,70	19,70	19,60	19,50	19,50	20,00	20,00	19,90	19,90
	LONGITUD	Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2	
		39,00		39,00		39,00		39,00		39,00		38,90	
	ESPESOR CARA	Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2	
		2,60		2,50		2,60		2,50		2,60		2,50	
	ESPESOR TABIQUE	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4
		2,20	2,20	2,20	2,20	2,30	2,20	2,20	2,30	2,30	2,30	2,20	2,30
VOLUMEN (cm3).		5929,91				5853,58				5994,67			
MASA COMO SE RECIBE (kg).		7,28				7,60				7,67			
MASA SUMERGIDO (kg).		0,01				0,01				0,01			
MASA SATURADO (kg).		8,90				9,04				8,82			
MASA SECO AL HORNO (kg).		7,11				7,19				6,94			
ABSORCIÓN (%).		25,18				25,73				27,09			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%).		9,75				22,26				38,80			
DENSIDAD (kg/m³).		799,41				795,87				787,38			





## ANEXO B3

ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD (BLOQUE 5% REEMPLAZO EN EL AGREGADO FINO)													
ESPECIMEN:		1				2				3			
DIMENSIONES (cm)	ANCHO	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4
		14,00	13,90	13,90	14,00	14,10	14,00	14,00	14,10	14,00	14,00	14,00	14,00
	ALTO	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4
		19,70	19,50	19,50	19,60	20,00	20,00	19,90	19,90	20,00	20,00	19,60	20,00
	LONGITUD	Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2	
		38,80		39,00		39,00		38,90		38,60		39,00	
	ESPESOR CARA	Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2		Cara 1		Cara 2	
		2,50		2,40		2,50		2,60		2,60		2,60	
	ESPESOR TABIQUE	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4
		2,20	2,20	2,30	2,30	2,30	2,30	2,20	2,20	2,30	2,20	2,20	2,30
VOLUMEN (cm3).		5809,97				5944,51				5968,00			
MASA COMO SE RECIBE (kg).		8,89				9,37				9,40			
MASA SUMERGIDO (kg).		0,01				0,01				0,01			
MASA SATURADO (kg).		10,70				11,07				10,42			
MASA SECO AL HORNO (kg).		8,20				9,00				9,16			
ABSORCIÓN (%).		30,49				23,00				13,76			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%).		27,60				17,86				19,05			
DENSIDAD (kg/m³).		766,77				813,44				879,58			

